

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



**HODNOCENÍ PŘESNOSTI DATABÁZE SOIL
SEALING V ČESKU**

**ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF SOIL SEALING
DATABASE IN THE CZECH REPUBLIC**

Bakalářská práce

Iva Hlaváčová

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

Konzultant: Mgr. Pavol Hurbánek, Ph.D.

Praha 2015

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Jsem si vědoma toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity. Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatелů. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

.....

V Praze, 25. 5. 2015

Iva Hlaváčová

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala RNDr. Přemyslu Štychovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, za věnovaný čas a podnětné konzultace. Mé díky patří také Mgr. Pavlovi Hurbánkovi, Ph.D. za cenné rady a odborné připomínky. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu během celého studia.

Hodnocení přesnosti databáze Soil Sealing v Česku

Abstrakt

Text pojednává o Evropské mapě zastavěných ploch s vysokým rozlišením a s údajem o nepropustnosti (Soil Sealing Layer). Hlavním cílem této bakalářské práce je zhodnocení tematické přesnosti databáze Soil Sealing v Česku s využitím různých statistických metod. Teoretická část práce se zabývá problematikou nepropustných povrchů, vymezuje rámec vzniku hodnocené databáze spolu s principy tvorby. Také pojednává o hodnocení přesnosti prostorových dat s konkrétními příklady. Validace je založena na porovnání hodnoceného rastru s vizuálně interpretovanými ortofoty. Porovnání proběhne v rámci cíleného výběru tří lokalit. Na získaná data pro jednotlivá území budou použity statistické metody, které objasní přesnost databáze v závislosti na kompaktnosti zástavby. Na základě výsledků validace budou jednotlivé metody a výsledky kriticky zhodnoceny. Dosažené výsledky budou porovnány s podobně orientovanými studiemi.

Klíčová slova: nepropustnost, tematická přesnost, hodnocení přesnosti, kompaktnost zástavby

Assessment of the accuracy of Soil Sealing dabase in the Czech Republic

Abstract

Thesis is about European map of built-up areas with high resolution and the term about imperviousness (Soil Sealing Layer). The main aim of this bachelor thesis is to evaluate thematic accuracy of the Soil Sealing database in the Czech Republic with use of various statistical methods. The theoretical part deals with problems of impervious surfaces, outlines the framework of database development with principles of its creation. It is also about accuracy assessment of spacial data with specific examples. Validation is based on comparison of assessed grid with visually interpreted orthophotos. The comparison will take place within the targeted selection of three locations. Statistical methods will be applied on obtained data for particular areas and clarify accuracy of database depending on compactness of settlements. According to the results of validation, single methods and outcomes wil be critically evaluated. Achieved results will be compared with similarly oriented studies.

Key words: imperviousness, thematic accuracy, accuracy assessment, compactness of settlement

OBSAH:

Seznam grafů, obrázků a tabulek	6
Seznam použitých zkratk.....	7
1. ÚVOD	8
1. TEORETICKÉ PŘÍBLÍŽENÍ PROBLÉMU	10
1.1 Obecná charakteristika zastavěnosti povrchu	10
1.2 Projekt Copernicus	12
1.2.1 Vývoj Copernicus/GMES	12
1.2.2 Struktura Copernicus/GMES	12
1.2.3 Služba monitorování pevniny	14
1.3 Hodnocení přesnosti prostorových dat	19
1.3.1 Teorie hodnocení prostorových dat	19
1.3.2 Hodnocení SSL	21
2. DATA A METODIKA	23
2.1 Data	23
2.1.1 SSL.....	23
2.1.2 Data pro tvorbu SSR	25
2.2 Metodika	26
2.2.1 Výběr lokalit	26
2.2.2 Tvorba referenční databáze	28
2.2.3 Použité statistické metody.....	32
3. VÝSLEDKY	36
3.1 Histogramy.....	36
3.2 Korelační analýza.....	41
3.3 Výpočet chyb	44
4. DISKUZE.....	50
4.1 Možné zdroje chyb.....	50
4.2 Zhodnocení výsledků a metod	51
4.3 Další možnosti výzkumu dané problematiky	54
5. ZÁVĚR.....	55
Použité zdroje	57
Seznam příloh	62

Seznam grafů, obrázků a tabulek

Grafy:

Graf 1: Rozložení hodnot nepropustnosti na 100m úrovni u referenční databáze a SSL pro oblast Zlína.....	37
Graf 2: Četnost chyb na 20m úrovni pro území Ratboře, Podbořan a Zlína.....	38
Graf 3: Četnost chyb na 100m úrovni pro oblast Ratboře, Podbořan a Zlína.....	39
Graf 4: Rozložení hodnot nepropustnosti na území Podbořan při 100m rozlišení pro SSL a SSRa a SSRb	41
Graf 6: Pearsonovy, Spearmanovy a Kendallové korelační koeficienty na různých agregačních úrovních pro jednotlivá území pro SSRb	43
Graf 7: Podíly jednotlivých chyb na celkové chybě pro území Ratboře s vyjádřením podílu rozlohy chybně klasifikovaných ploch a rozlohy nepropustných ploch (SSRa, SSRb)	45
Graf 8: Podíly jednotlivých chyb na celkové velikosti chyb pro území Podbořan (SSRa, SSRb)	46
Graf 9: Podíly vlivu jednotlivých chyb na celkové velikosti chyb pro území Zlína (SSRa, SSRb)	48

Obrázky:

Obrázek 1: Zpracovatelé	16
Obrázek 2: Koncept monitorování nepropustnosti	18
Obrázek 3: SSL2009 pro území Česka ve 100m verzi	25
Obrázek 4: Oblast Ratboře	27
Obrázek 5: Oblast Podbořan	27
Obrázek 6: Oblast Zlína	28
Obrázek 7: Hodnoty 0 (bíle), hodnoty 1 (červeně)	30
Obrázek 8: Hodnoty 2 (modře), hodnoty 0 (bíle)	31
Obrázek 9: Snímkování z pohledu satelitu.....	32

Tabulky:

Tabulka 1: Seznam příspěvatelských misí	13
Tabulka 2: Senzor MSI - Sentinel 2.....	13
Tabulka 3: Kategorie hodnot.....	18
Tabulka 4: Satelity používané na tvorbu Image.....	19
Tabulka 5: Plošný rozsah hodnot rastrů a jejich zastoupení na různých úrovních v letech 2006 a 2009	24
Tabulka 6: Podíly nepropustných ploch na celkových plochách v daných územích	44

Seznam použitých zkratek

CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CLC	CORINE Land Cover – Mapa využití území
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DPZ	Dálkový průzkum Země
EEA	European Environment Agency – Evropská agentura životního prostředí
EC	European Commission – Evropská komise
ESA	European Space Agency – Evropská vesmírná agentura
EU	European Union – Evropská Unie
FTS	Fast Track Services – prioritní služby
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems – Globální pozorovací systém
GIO	GMES Initial Soil Sealing – počáteční program na monitorování Země
GMES	Global Monitoring for Environment and Security – Globální monitoring pro životní prostředí a bezpečnost
HRL	High Resolution Layers – vrstvy s vysokým rozlišením
ISS	Initial Soil Sealing – počáteční verze SSL
LMCS	Land Monitoring Core Service
MAE	Mean Absolute Error – průměrná absolutní chyba
MAEn	Mean Absolute Error normalised – průměrná absolutní chyba normalizovaná
PO	Podbořany
RA	Ratboř
RMSE	Root Mean Square Error – druhá odmocnina z průměru čtverců chyb
RMSEn	Root Mean Square Error normalised – druhá odmocnina z průměru čtverců chyb normalizovaná
SSE	Soil Sealing Enhancement data – vylepšená verze SSL
SSL	Soil Sealing Layer – Evropská mapa stupně nepropustnosti
SSRa	Soil Sealing Reference type a – referenční databáze typu a
SSRb	Soil Sealing Reference type b – referenční databáze typu b
ZL	Zlín

1. ÚVOD

Prostorové rozmístění obyvatelstva vystihuje působení lidské aktivity na Zemi. V této době je rostoucí zábor ploch a jeho negativní působení na životní prostředí velmi diskutované téma. Pro zjištění stavu záboru ploch a jiné vědeckovýzkumné a plánovací projekty je užitečné zmapovat zastavěné oblasti. Mapováním využití či zastavování povrchu se věnuje mnoho projektů. V rámci evropského prostoru se jedná především o aktivity pod záštitou Evropské Unie (dále jen EU). Právě zastavěnost prostoru je tematickým obsahem databáze, které je věnován následující text.

Evropská mapa nepropustných povrchů neboli „Fast Track Service Precursor on Land Monitoring – Degree of soil sealing“ zkráceně „Soil Sealing Layer“ (dále jen SSL) je jednou ze služeb celoevropského mapování krajiny v rámci programu Evropské komise (European Commission, EC) a Evropské vesmírné agentury (European Space Agency, ESA) s názvem „Global Monitoring for Environment and Security“ (dále jen GMES) později přejmenované na Copernicus (od 2012). SSL může být chápána jako doplňující datový produkt k celoevropskému produktu CORINE Land Cover (CLC). Pokud se jedná o další využití informace o zastavěnosti povrchu SSL má oproti CLC několik výhod a to častější aktualizaci, SSL je aktualizováno po třech letech (roky 2006, 2009 a 2012) a CLC po šesti (zatím zachyceny roky 1990, 2000, 2006 a 2012). EC a ESA má v plánu aktualizovat SSL každé tři roky a bude snaha o zkracování časového intervalu mezi rokem, který je v databázi zachycen, a mezi rokem zveřejnění databáze. Nyní se zpracovávají snímky, ze kterých vznikne aktualizace pro rok 2012. Stav k rokem 2006, 2009 byly zachyceny pomocí komerčních satelitů IRS a SPOT, pro stav k roku 2012 byla využita i družice RapidEye. Do budoucna se však počítá s využitím snímků pořízených satelity projektu Sentinel (více v kapitole 1.2 Projekt Copernicus). Další výhodou SSL je také vyšší prostorové rozlišení. SSL má rozlišení 20 m a 100 m, zatímco CLC má rozlišení 25 ha. Pro SSL se předpokládá využití ve vědeckovýzkumných či plánovacích procesech.

Pro další využití informace SSL je však důležité prozkoumat její tematickou přesnost (zejména pro 20m verzi). Charakteristickým znakem SSL vrstvy je, že obsahuje kvantitativní informaci o zastavěnosti jednotlivých pixelů. Podíl zastavěných ploch v pixelu je určen procentuální hodnotou. Cílem této práce je zhodnocení tematické přesnosti uvedené databáze pomocí různých statistických metod v rámci

České republiky. Zkoumání přesnosti SSL již probíhalo na území mnoha Evropských států. Tato práce vychází z několika textů uvedených v kapitole 1.3.2 Hodnocení SSL, např. Maucha, Büttner (2008), Rosina (2010), či Hurbánek, P. a kol. (2010).

Data SSL2009 budou porovnána s referenčními daty, která vznikla na základě ortofot z let 2008, 2009 a 2010 poskytnutých ČÚZK. Hodnocení přesnosti bude probíhat na třech vzorových územích sídel Ratboř, Podbořany a Zlín a jejich okolí. Při výzkumu se podrobně zaměříme na jednotlivé typy chyb (viz 2.2.3.3 Výpočet chyb). Pokusíme se zodpovědět otázky: „Jak se na celkové tematické nepřesnosti SSL podílí jednotlivé typy chyb? Jak souvisí struktura typů chyb s charakterem osídlení?“.

Na základě zjištěných informací z dostupné literatury byly stanoveny následující hypotézy (H):

1. Kompaktní městská zástavba vykazuje vyšší přesnost databáze SSL.
2. Rozptýlená venkovská zástavba vykazuje větší chybovost databáze SSL.
3. Kompaktní městská zástavba vykazuje více chyb nadhodnocení.
4. Rozptýlená venkovská zástavba vykazuje více chyb podhodnocení.
5. Přesnost databáze SSL roste se zvětšováním velikosti pixelů.

1. TEORETICKÉ PŘÍBLÍŽENÍ PROBLÉMU

Soil Sealing – ztráta původních půdních zdrojů kvůli zakrytí povrchu pro bydlení, cesty či další stavby

Soil sealing layer - rastrový produkt, obsahující kontinuální hodnoty od 0 do 100 %, reprezentující stupeň zastavěnosti povrchu (Soil Sealing)

Impervious surfaces (nepropustné povrchy) – povrchy s umělými materiály např. asfalt, beton, dlaždice, kameny a střešní krytiny, charakteristické nahrazením originálního (polo) přírodního krytu nebo vodních ploch umělým často nepropustným materiálem, který má obvykle dlouhou životnost. Nepropustnost (stupeň zakrytí půdy) zachycuje podíl nepropustné plochy ku celkové ploše pixelu.

1.1 Obecná charakteristika zastavěnosti povrchu

Zakrývání půdy umělými nepropustnými materiály narušuje přirozené environmentální, ekonomické a sociální funkce povrchu. Půda zajišťuje potravu, materiály, regulaci odtoku vody a poskytuje prostředí pro biodiverzitu (EC 2012a). Dle EC (2012a) má nepropustné podloží negativní vliv na vodní cyklus, na vznik tepelného ostrova měst, fragmentaci krajiny, ztrátu zemědělských ploch atd. Mezi další i nepřímé dopady přeměny přírodního pokryvu na umělý může patřit salinizace, acidifikace či ztráta biodiverzity.

Umělé nepropustné povrchy zvyšují povrchový odtok vody a negativně ovlivňují infiltraci vody do půdy (Frank 2013). Důsledkem nepřirozeného a zrychleného odtoku může být vznik povodní. Změna infiltrace má také negativní dopady na zásobování podzemní vody. Na vzrůstající rozlohy urbanizovaných oblastí, reagují místní politiky novými způsoby odvodnění měst, jako je decentralizovaný systém odvodnění. Dále je snaha o řešení problému odklonu srážkové vody do kanalizace a tím k přerušení infiltrace do podzemních vod (Frank 2013). Kromě přímého vlivu na odtok, má zmenšený výskyt vegetace vliv na menší evapotranspiraci, což ještě více podpoří velikost povrchového odtoku (Stránský 2013).

Nepropustné materiály charakteristické pohlcováním tepla zvyšují teplotu ve městech (Beranová, Huth 2005). Kromě materiálů má na oteplení vliv i vertikální členitost města, podpořená malým výskytem vegetace, vytápěním či dopravou.

Nahromaděné teplo se projevuje především v noci, kdy vyzařuje z povrchů a nedochází tak k ochlazení jako v přirozených oblastech. Horší problém může být u měst s teplejším klimatem či větší dopravou. První zmínky o tepelném ostrově byly již v 19. století, větší dopady však až v 2. polovině 20. století, kdy dochází právě k nárůstu urbanizace. K největšímu zesílení dochází během posledních 20 let. Řešení je opět zohlednění v urbanistickém plánování. Mohou být zaváděny zchlazovací prvky jako světlé materiály, zelené střechy a podobně.

Urbanizace je hlavní příčinou vzrůstu pokrytí povrchu nepropustnými materiály. Dochází k nárůstu ploch pro bydlení, transport či infrastrukturu. Územní plánování by mělo brát v potaz vlivy a změny způsobené nepropustnými povrchy. Mezi roky 1990 a 2000 rostl zábor ploch v Evropě (EU – 15) o 1000 km² za rok, což odpovídá nárůstu 6 % (EC 2012b). Po roce 2000 klesl zábor ploch na 920 km² ročně. Dle EC (2012a) pokrývají nepropustné plochy 0,43 % ploch světa, což bylo zjištěno na základě světelných emisí. V Evropě je dle SSL2006 ve 100m rozlišení pokryto nepropustnými plochami 6,5 % v hodnotách zastavěnosti větších než 0 % (Tabulka 5). Při zachování stejného tempa zástavby, narostou městské plochy v tomto století až dvojnásobně (EC 2012a).

Zmapování nepropustných povrchů napomůže usnadnění redukce nepropustných ploch a jimi způsobených nežádoucích jevů a přispívá ke zlepšování životního prostředí ve městech i mimo nich. Environmentální důsledky růstu urbanizovaných prostorů, např. změny vodních cyklů, nejsou zmiňovány tak často, jako důsledky sociální či ekonomické (EC 2012b). Pro ochranu půdy přijala EC roku 2006 potřebné strategie (Soil Thematic Strategy) COM(2006)231 a potřebné direktivy (Soil Framework Directive) COM(2006)232 (EEA 2010).

EC (2012b) uvádí několik doporučení ohledně monitoringu a následného řešení problému. Data o rozsahu zakrytí je třeba zlepšovat, nikoli jen odhadovat, používat srovnatelné údaje a standardizované metody pro monitoring a to na úrovni jednotlivých států, najít řešení pro nové rozsáhlejší stavby a průmyslové areály. Pomocí by mohla být meziregionální spolupráce. Využití půdy by mělo být definováno na regionální úrovni. Mikroregiony a obce jsou odpovědné za provádění vhodných opatření v praxi. Dále je doporučena podpora místních zemědělců a omezení prodeje pozemků developerům blízko větších měst. Důležité také je vymezení ekosystémově nejcennějších systémů, ve kterých se následně omezí aplikace nepropustných ploch. Je třeba si uvědomit hodnotu

volné půdy ve městech a neprodávat jí developerům pro další výstavbu, podporovat multifunkční využití půdy k vytvoření vhodné situace pro přírodu i společnost. Pro omezení nepropustnosti je potřeba podporovat užívání nepropustných povrchů všude tam, kde je to možné a to i u již zastavených povrchů (např. zatravněnými střechami).

1.2 Projekt Copernicus

1.2.1 Vývoj Copernicus/GMES

Význam Dálkového průzkumu Země v posledních letech velmi roste. DPZ je důležitým nástrojem pro monitoring povrchu Země. Pro využití dat DPZ koncovým uživatelem, je důležité získaná data upravit. Pořizování a zpracování dat různými institucemi v různých oborech a různých státech vede k velké rozdílnosti a nekompaktnosti dat. Pro ucelení a zajištění kompaktnosti a možnosti data lépe porovnávat, je důležité vytvořit určité standardy v rámci jednoho systému. Pro udržení kroku v získávání strategických dat DPZ, vzniknul v Evropě program GMES. Vznikl jako iniciativa Evropské komise, Evropské kosmické agentury a národních kosmických agentur (Kolář 2008). Důležitým spouštěčem byla konference v Bavenu v roce 1998. Důležitým úkolem GMES je poskytování informací vedoucím institucím pro monitoring životního prostředí a bezpečnosti v Evropě. GMES také přispěje do celosvětového Systému systémů pozorování Země (Global Earth Observation System of Systems, GEOSS) (COM 2005). Uživatelé produktů jsou tvůrci politik a orgány veřejné správy, dále také akademická či výzkumná sekce.

Vývoj GMES vychází dle Koláře (2008) ze spolupráce dvou hlavních partnerů Evropské komise (European Commission, EC) a Evropské kosmické agentury (European Space Agency, ESA). EC vytváří základní koncepci systému, priority a požadavky na základě potřeb uživatelů. ESA řídí kosmickou komponentu. Celá řídicí struktura se vyvíjí spolu s rozvojem operačních služeb.

1.2.2 Struktura Copernicus/GMES

Od roku 2012 je program GMES ve spojení s přechodem na operační fázi přejmenován na Copernicus. GMES/Copernicus je řízen Evropskou komisí a je tvořen třemi základními komponenty – kosmickou, pozemní (in – situ) a službami (COM 2008).

Kosmickou komponentu zajišťuje Evropská kosmická agentura (European Space Agency, ESA). Do budoucna bude využívat 5 řad družic Sentinel (1 – 5) spolu s dalšími pomocnými misemi. Každou řadu Sentinel tvoří dvě družice (A a B) (Sentinel High Level Operations Plan). Přispěvatelské mise (Tabulka 1) doplňují služby Sentinel, jedná se cca o 30 existujících či plánovaných družic ESA či dalších organizací (CENIA 2015b).

Tabulka 1: Seznam přispěvatelských misí

Spot-4	SeoSAR/Paz	EROS-B
Spot-5	Jason-1	Altika
RapidEye	Jason-2	Radarsat-1
Pleiades	Jason-3	Radarsat-2
TerraSar-X	UK-DMC	Radarsat-Constellation
Tandem-X	UK-DMC-2	Proba-V
EnMap	Cosmo-Skymed	Deimos-1 DMC
DMC-3	ENVISAT	MSG
Seosat/Ingenio	EROS-A	Meteosat
ERS-2	MetOp	Relevantní mise Earth Explorer

Zdroj: CENIA 2015b

Do budoucna je z pohledu databáze SSL nejzajímavější konkrétně družice Sentinel 2, která snímá multispektrální snímky s vysokým rozlišením. Ty mohou být využity právě při zachycení vegetace, krajinného pokryvu a využití území. Sentinel 2 (

Tabulka 2) má šířku záběru 290 km, dobu obletu 5 dní nad rovníkem a 2 až 3 dny nad středními zeměpisnými šířkami. Start satelitu je plánován na červen 2015 z Kourou ve Francouzské Guianě (ESA 2015).

Tabulka 2: Senzor MSI - Sentinel 2

Charakteristika senzoru MSI (Multi Spectral Instrument)	
typ dat	optická
typ senzoru	multispektrální
počet spektrálních pásem	13 (10 VNIR, SWIR), 443 - 2190 nm
prostorové rozlišení	10, 20 a 60
záběr senzoru	290 km
možnost programování	ANO
stereosnímky (interferometrie)	NE

Zdroj: CENIA 2015b

Pozemní komponentu tvoří stávající i nové pozemní orgány ve státech EU. Zajišťuje ji Evropská agentura pro životní prostředí (European Environmental Agency, EEA). In-situ komponenta představuje síť pozemních měřicích zařízení na Zemi, ve vzduchu a na vodní hladině. Takto pořízené informace jsou využívány pro předpověď počasí či kalibraci a zhodnocení přesnosti družicových dat. Tato komponenta je zajišťována jednotlivými orgány na národní úrovni a vyznačuje se decentralizací. Důležité je doplnění stávající sítě tam, kde data chybí (CENIA 2015a).

Služby jsou zaměřeny na šest oblastí a to tři tzv. prioritní služby (Fast Track Services, FTS) území, mořské prostředí a krizové řízení. Mezi další tzv. pilotní služby patří atmosféra, změna klimatu a bezpečnost (COM 2005). Zatím probíhají jen služby území (viz 1.2.3 Služba monitorování pevniny) a krizové řízení (v tzv. operační fázi od r. 2014). Monitoring atmosféry a mořského prostředí je zatím v tzv. předoperační fázi a služby bezpečnost, klimatické změny se nachází ve fázi vývoje. Cílem služeb je poskytovat data bezplatně a ve formě různých datových sad či map. Na poskytování dat se podílí EEA.

1.2.3 Služba monitorování pevniny

Monitoring území probíhá v rámci služby monitorování pevniny (Land Monitoring Core Service, LMCS). Snaží se o včasné monitorování krajiny a poskytování informace o zemském povrchu. Služba poskytuje informace o krajinném pokryvu, využití území a o jejich změnách na různých úrovních od lokální, celoevropské po globální. Služba také poskytuje podklady pro další prioritní služby.

Celoevropský produkt zahrnuje několik výstupů. Jedním z nich je soubor vrstev krajinného pokryvu Corine Land Cover (CLC). Tato databáze poskytuje informace o využití území od roku 1990. Finálním produktem jsou mapy v měřítku 1 : 100 000, obsahující celkem 44 tříd pokryvu rozdělených do 5 kategorií umělé plochy, zemědělské plochy, lesy, mokřady a vodní plochy (Příloha 2: Legenda CLC (44 tříd)). Existuje v rastrové a vektorové podobě. V rastrové podobě má rozlišení 25 ha. CLC zahrnuje data k rokům 1990, 2000 a 2006, pro rok 2006 jsou k nahlédnutí v Příloha 3. Nyní se připravuje ke zveřejnění vrstva k roku 2012. Území Česka zpracovává CENIA – Česká informační agentura životního prostředí. Dalším celoevropským produktem jsou vrstvy vysokého rozlišení (High Resolution Layers, HRL). Vrstvy představují pět typů krajinného pokryvu – zástavba, vodní plochy, travní porosty, mokřady, lesy

(Langanke 2013). Součástí tohoto produktu je i validovaná databáze Soil Sealing Layer (viz kapitola 1.2.3.1 Mapování zástavby). Výhodou těchto vrstev je rozlišení 100m (20 m) a častější aktualizace.

Lokální produkt představuje informace o konkrétním území ve vysokém rozlišení. Jedná se např. o Urban Atlas. Urban Atlas má podobu map s využitím území v oblastech evropských měst v měřítku 1 : 10 000. Informace mohou sloužit pro územní plánování a rozvoj měst. V celé Evropě zahrnuje více než 350 měst, 13 z nich je v Česku. Produkt je dostupný pro rok 2006 s aktualizací k roku 2011. Další aktualizace jsou plánovány v 3 až 5 letém cyklu. Data lze stáhnout na internetových stránkách EEA.

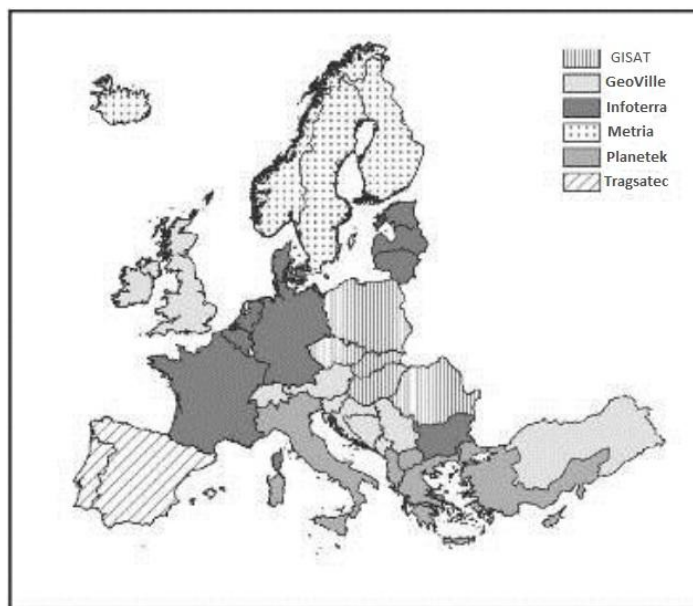
1.2.3.1 Mapování zástavby

Soil Sealing Layer 2006 – 2012

Zastavěné oblasti představují náhradu původního přírodního materiálu či vodního tělesa na zemském povrchu, umělým obvykle nepropustným materiálem. Dataset SSL zachycuje prostorové rozmístění nepropustných povrchů spolu s informací o podílu nepropustných ploch na určité prostorové jednotce, v tomto případě se jedná o 20 či 100m rastr. Zastavěné povrchy jsou mapovány k rokům 2006, 2009 a 2012, dále existuje i produkt zachycující změny mezi jednotlivými roky 2006 a 2009. Data pro roky 2006 a 2009 byla zpracována v rámci programu Geoland2 (CLMS 2015a). Vývoj verzí SSL v rámci jednotlivých programů viz Obrázek 2.

Pro vznik Evropské mapy zastavěných ploch byl vypsán tendr EEA/IDS/07/001 začátkem roku 2007. Vítězná nabídka konsorcia šesti zpracovatelů představovala 1,4 mil €. Do konsorcia zpracovatelů patří GeoVille GmbH (Rakousko), Gisat s.r.o. (Česká republika), Metria (Švédsko), Planetek Italia srl. (Itálie), Tragsatec SA (Španělsko) a vedoucí koordinátor Infoterra GmbH (Německo). Českou republiku zpracovává Gisat spolu se Slovenskem, Polskem, Rumunskem a Maďarskem (Obrázek 1).

Obrázek 1: Zpracovatelé



Zdroj: (MAUCHA, BÜTTNER, KOSZTRA 2010, s. 24)

SSL2006 vznikala ve dvou fázích. Nejdříve byl vytvořen prvotní rastr (Initial Soil Sealing, ISS) a poté vylepšený rastr, vzniklý po opravě rastru ISS na národní úrovni (Soil Sealing Enhancement data, SSE) (Maucha, Büttner, Kosztra 2010). Tvorba ISS představuje dva kroky. První krok představuje klasifikace snímku IMAGE2006. Zastavěné oblasti se mapují pomocí kombinovaného průzkumu založeného na automatické klasifikaci (hybrid ISODATA/Maximum Likelihood) snímků a následné vizuální interpretaci. Klasifikace proběhla na minimálně 50 městských trénovacích vzorcích (Working Units, WU) s různými typy městských ploch. Stupeň nepropustnosti vychází z parametrů zachycujících množství vegetace, neboli množství nepropustných povrchů je nepřímo úměrné množství vegetace. Použitý ukazatel množství vegetace je Normalizovaný Diferenční Vegetační Index (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI). Je velmi citlivý na holý povrch a tedy schopný identifikovat i menší nepropustné povrchy. Výpočet vychází jen z červeného (Red) a blízkého infračerveného pásma (NIR). Snímky s NDVI byly maskovány klasifikovanou vrstvou zastavěných ploch. Dále byly odebrány zbývající hodnoty NDVI poukazující na 100% pokrytí zelení (Gangkofner, Jacob, Brodský 2010). Pixely se 100% pokrytím nepropustnými plochami, nacházející se ve většině měst v centrech, průmyslových oblastech či letištích, se shodovaly s pixely s 0% pokrytím zelení. Mezi těmito hraničními hodnotami NDVI byl vypočten stupeň propustnosti od 1 do 100 %.

Fáze tvorby ISS (SSL2006_v1) probíhala 1. 5. 2008 až 23. 10. 2008 (Kopecký, Kahabka 2009) a databáze byla zveřejněna 12. 6. 2009 na internetových stránkách EEA. Manuální vylepšení databáze SSE probíhalo v rámci jednotlivých datasetů na národní úrovni v národních projekcích. Vylepšení zahrnovalo odstranění třídy CLC2006 1.3.x. Třída 1.3.x představuje oblasti těžby, skládek a výstavby. Dále došlo k opravě chyb v osídlení, v SSL2006_v1 docházelo často k vynechání sídelní zástavby především v oblastech rozptýlené zástavby. Také musela být provedena oprava letišť a přístavů, kde byly velmi početné chyby přiřazení a vynechání, protože na jednotlivé areály bylo nahlíženo jako na funkční celky. Dále byly vyškrtнутy třídy CLC 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3 (pláže, duny, skály, plochy s řídkou vegetací) (Maucha, Büttner, Kosztra 2010). Tvorba SSE (SSL2006_v2) probíhala 25. 11. 2009 až 18. 12. 2009 a databáze byla zveřejněna 26. 1. 2010 též na stránkách EEA (Kopecký, Kahabka, 2009).

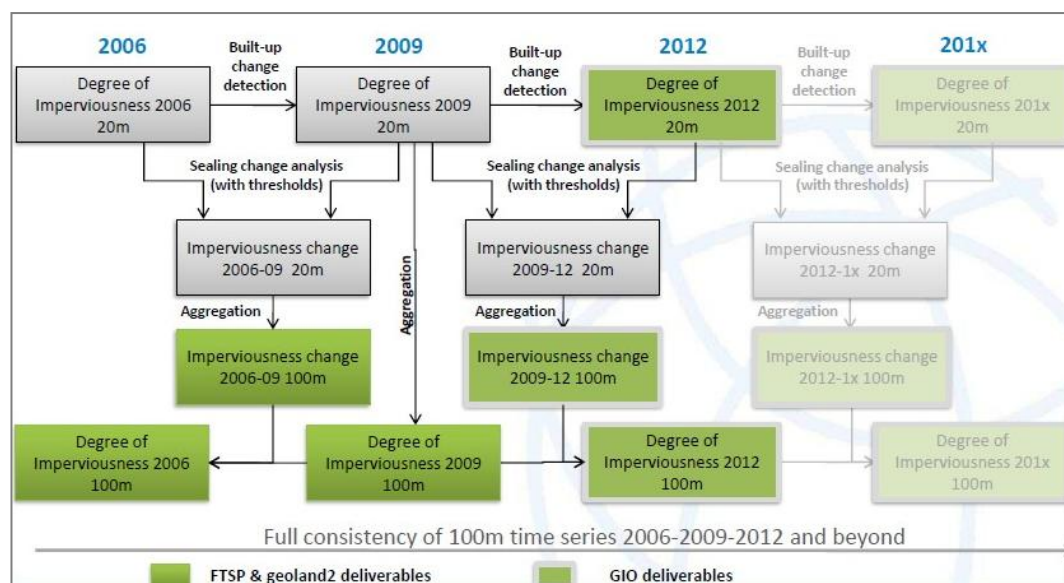
Podobně vznikala verze SSL2009, která byla zveřejněna až počátkem roku 2012. Poté následuje také produkt zachycující změny mezi lety 2006 a 2009. Pro rok 2009 byla databáze obnovena pomocí modelu ERDAS (ERDAS Model Maker) (Gangkofner, Jacob, Brodský 2010). Při tvorbě mapy změn došlo k odhalení dalších chyb ve verzi 2, tak vzniká verze SSL2006_v3. Nyní se dokončuje verze SSL2012 v rámci projektu GIO (Obrázek 2), se kterou také vznikne mapa změn mezi roky 2009 a 2012, opět s rozlišením 20 m poloproduktu a 100 m finálního produktu. Vzniklé 20m produkty jsou agregovány do 100m pixelů. Důvodem dle Lajčákové (2013) je, že polohová chyba RMSE je cca 10 m v každém směru, což se při rozlišení 20 m výrazně projeví i na tematické přesnosti, ale při rozlišení 100 m je její vliv menší. Dle EEA (2006) je hodnota pixelu s hranou 100 m odvozena zprůměrováním hodnot 25 pixelů (20m). Platnou hodnotu získá pixel v případě, že 13 a více vnitřních pixelů má platnou hodnotu. Když převládají pixely s neplatnou hodnotou, agregovaný pixel získá hodnotu No Data nebo hodnotu Unclassifiable.

Tabulka 3: Kategorie hodnot

Hodnota rastru	Kategorie
0	Propustné pixely
1 - 100	Nepropustné pixely
0 - 79	Nezastavěné oblasti
80 - 100	Zastavěné oblasti
254 - 255	Neklasifikované/No Data

Zdroj: Kahabka, Kopecký 2009

Obrázek 2: Koncept monitorování nepropustnosti



Zdroj: Soukup 2012, s. 41

Image

Produkt Image (High Resolution Image Mosaic) vzniklý satelitním snímkováním je podkladem pro mnohé informační zdroje a služby. Existuje k rokům 1990, 2000, 2006, 2009 a 2012. Roku 2000 vznikl požadavek ze strany EC, aby ESA zpracovávala produkt v určitých pravidelných intervalech. IMAGE1990 vznikl ze snímků satelitu MSS/TM. IMAGE2000 vznikl ze snímků satelitu Landsat 7 ETM+ s rozlišením 25 m pro multispektrální data a 12,5 m pro panchromatická (CLMS 2015b). IMAGE2006 a 2009 vznikaly na základě 2 typů snímků pořízených francouzskými satelity SPOT 4 – 5 a indickým satelitem IRS P6. Na výrobu IMAGE2012 byly navíc použity snímky ze satelitu RapidEye (rozlišení vyšší než 6,5 m) (Tabulka 4).

Tabulka 4: Satelity používané na tvorbu Image

IMAGE	Satelity
IMAGE1990	Landsat MSS/TM
IMAGE2000	Landsat 7 ETM
IMAGE2006	SPOT4–5, IRS P6
IMAGE2009	SPOT4–5, IRS P6
IMAGE2012	SPOT4–5 IRS P6, Rapid Eye

Zdroj: CLMS 2015c, Lajčáková 2010

SSL2006 i CLC2006 byly odvozeny od snímků Image2006. SSL2009 byla odvozena ze snímků Image2009. Image2006,2009 s rozlišením 20 m vznikají ze dvou satelitních bitemporálních snímků pořízených francouzskými satelity SPOT 4 a 5 (rozlišení 20 a 10 m) a indickým satelitem IRS-P6 (rozlišení 23,5 m). Podmínkou je, aby rozdíl v datu pořízení obou snímků byl nejméně šest týdnů. Jeden má být pořízený v letním období a druhý na jaře nebo na podzim. SPOT a IRS snímky jsou poté spojeny a ortorektifikovány. IMAGE byly geometricky opraveny dle evropské projekce (LAEA-ETRS89) s 25m rozlišením a podle jednotlivých národních projekcí s 20m rozlišením. Celková přesnost snímků je lepší než 10 m RMSE, což je polovina pixelu (CLMS 2015b).

1.3 Hodnocení přesnosti prostorových dat

1.3.1 Teorie hodnocení prostorových dat

Aby uživatel věděl, jak jsou data využitelná pro danou aplikaci, potřebuje znát jejich přesnost. Dle normy ČSN ISO 19101 (in: Šrámek 2011, s. 17) je kvalita „souhrn znaků produktu, které se týkají jeho schopnosti uspokojovat stanovené nebo předpokládané potřeby“. Chyby jsou v prostorových datech nevyhnutelné, je ale třeba mít tyto chyby „pod kontrolou“ (Šrámek 2011). Aby se zabránilo využití dat o neodpovídající kvalitě a následnému vzniku škod finančních a dalších, byly zavedeny kvalitativní standardy. Při jejich dodržení poskytovatelem dat, zbavují poskytovatele další zodpovědnosti za nesprávné použití a na druhou stranu standardy zaručí uživateli požadovanou kvalitu dat (Kolář 2003). Kvalita produktu závisí na několika faktorech a to na správnosti dat, přesnosti, kompletnosti, komplexnost, aktuálnosti, dostupnosti či

formě (Šrámek 2011). Kvalitativní parametry lze shrnout do třech úrovní a to na datovou, databázovou a uživatelskou úroveň (Kolář 2003).

Datová úroveň hodnocení prostorových dat pořízených dálkovým průzkumem Země (DPZ) sestává z hodnocení polohové a tematické přesnosti (Congalton 1991). Hodnocení kvality hodnot v databázi se hodnotí srovnáním s podkladem o větší kvalitě pocházejícím z nezávislého zdroje (Kolář 2003). Přesnost vyjadřuje kvalitu celého souboru dat s určitou mírou pravděpodobnosti. Polohová přesnost je měřítkem polohové shody dat s opravdovým povrchem a může být ovlivněna topografií či geometrií senzorů. Běžně uváděná přesnost bývá uváděná jako polovina pixelu pro senzory jako Landsat či SPOT. Tato přesnost bývá měřena pomocí RMSE (Congalton 1991). Tematická přesnost (přesnost atributů) vyjadřuje pravděpodobnost, že daný objekt na daném místě má udávanou vlastnost atributu (Kolář 2003).

Dle Mauchy a Büttnera (2008) jsou dva různé typy kontroly tematické přesnosti dat a to verifikace a validace. Verifikace jako součást procesu tvorby produktu má za cíl vylepšit kvalitu produktu a obstarává ji přímo zpracovatel. Po verifikaci proces pokračuje na základě informací zjištěných tímto procesem. Validace se provádí až po skončení procesu tvorby s cílem zjistit celkovou přesnost produktu. Informace získaná validací neslouží k následnému vylepšení produktu (Maucha, Büttner 2008).

Validace může být prováděna různými způsoby. Je založena na porovnávání hodnocené databáze s přesnější databází, která představuje realitu. Je možné databázi testovat v celém jejím rozsahu, ve většině případů se však jedná o velmi rozsáhlá data a spíše se uchyluje k testování databáze pomocí výběru několika vzorků. Výběr vzorků může být buď náhodný (Pohlová 2013), nebo cílený (Lajčáková 2013, Rosina, Hurbánek a kol. 2010).

V případě SSL jsou data zajímavá tím, že kromě binární informace o propustnosti či nepropustnosti pixelu, také přináší informaci o zastavěnosti povrchu ve formě procentuálního podílu nepropustných ploch ku ploše jednoho pixelu. Taková data můžeme nazývat kvantifikovaná. Pro tuto vlastnost lze využít kvantitativní metody uvedené v kapitole 2.2.3 Použité statistické metody.

Pro další úpravy dat je také důležitý práh 80 % (threshold) doporučený EEA (2009). Ten rozděluje jednotlivé pixely na nezastavěné (non built-up) s hodnotou 1 – 79 a na pixely zastavěné (built up) s hodnotou 80 – 100. Pro kategorické mapy začíná validace vygenerováním chybové matice (Error Matrix), která se skládá ze sloupců a

řádků. Sloupce představují data referenční databáze a řádky představují data testované databáze. Hlavní diagonála představuje správně zařazené pixely. Na základě chybové matice lze určit celkovou přesnost, chybu vynechání a chybu zařazení (Congalton 1991). Celková přesnost představuje podíl správně zařazených pixelů ku celkovému počtu pixelů. Chyba vynechání (omission error, OE) představuje ve skutečnosti zastavěné pixely, které jsou na mapě klasifikované jako nezastavěné. Chyba přiřazení (commission error, CO) představuje ve skutečnosti nezastavěné, které jsou klasifikované jako zastavěné. V našem textu však nebudou hodnoty rozděleny kategoricky a chybová matice nebude použita.

1.3.2 Hodnocení SSL

Maucha a Büttner (2008) uvádějí ve svém textu návod na hodnocení přesnosti Mapy zastavěných ploch. Uvádějí, že přesnost 85 % vypovídá o tom, že 15 % všech pixelů bylo špatně klasifikováno. Také zmiňují nemožnost hodnocení všech pixelů v databázi z důvodů finančních a časových. Stanovili, že je nutné přistoupit k hodnocení na základě výběru vzorků. Výběr vzorků však nemůže přesně vypovídat o celkové přesnosti. Výsledek je formulován jako pravděpodobnost (většinou na 95% intervalu spolehlivosti).

První hodnocení databáze se uskutečnilo v Rakousku, validace probíhala podobně jako postup uvedený v technických specifikacích tendru (EEA 2010). Nejdříve proběhla agregace 20m rastru na 100m. Poté byl vytvořen binární rastr, zastavěné pixely byly určeny dle 80 % hranice. Zajímavostí je, že 18 % rozlohy státu bylo vynecháno z důvodu vysokých nadmořských výšek. Samotná validace proběhla pomocí náhodného výběru vzorků (celkem 2511) (Maucha, Büttner 2008).

Na území Česka i Slovenska proběhlo již několik validací SSL. Následující uvedené sloužily jako informační zdroje pro tuto práci. Z výsledků uvedených prací vznikla také naše hypotéza.

Rosina (2010) zkoumal tematickou přesnost SSL na Slovensku pomocí 2500 náhodně vybraných vzorků, 500 v zastavěných oblastech a 2000 mimo zastavěné oblasti. Rosina zjistil, že v datech jsou velké rozdíly mezi SSL a realitou. Zmiňoval rozdíly u nadhodnocených pixelů se stupněm nepropustnosti 50 – 75 %. Uvedl také další rozdíl podhodnocení pixelů s nízkými hodnotami nepropustnosti 1 – 15 %.

Hurbánek, P. a kol.(2010) hodnotí SSL pomocí náhodného výběru vzorků, které porovnává s výsledky z ostatních zemí. Výzkum je dále doplněn i cíleným výběrem tří vzorků o velikosti 6x6 km. Na základě porovnání výsledků přesnosti v oblastech Popradu, Myjavy a Dubnice, došli k závěru, že v oblasti s více roztroušenou zástavbou (Dubnica) jsou větší rozdíly mezi SSL a realitou než u oblasti z okolí většího města (Poprad). Také zjistili, že počet hodnot blízkých 0 a 100 % je v případě SSL o něco vyšší než ve skutečnosti z důvodu častého podhodnocení u hodnot středních a nižších a nadhodnocení u hodnot středních a vyšších.

Lajčáková (2013) navazuje na hodnocení SSL2006 na Slovensku pomocí cíleného výběru 2 vzorků v oblastech Podolínce a Havrance. Lajčáková vycházela také z hypotézy, že čím je osídlení méně kompaktní, tím bude přesnost menší. Této hypotéze odpovídá i její výsledek, který i po spojení s výsledky Hurbánka a kol. (2010), řadí přesnost vzorků na základě rozptýlenosti zástavby. Lajčáková k validaci použila tři kvantitativní metody a to porovnání na základě korelačních koeficientů, na základě výpočtu normalizovaných chyb a na základě kontingenčních tabulek.

Pohlová (2013) hodnotila SSL v Česku. Validace probíhala na základě nestratifikovaného náhodného výběru vzorků. Po aplikaci několika metod, došla k závěru, že nejvhodnější metodu k porovnání území považuje průměrnou absolutní normalizovanou chybu a průměrnou absolutní normalizovanou chybu podhodnocení a nadhodnocení. Na jejich základě bylo zjištěno, že u zkoumaných pixelů dochází více k podhodnocení než k nadhodnocení.

2. DATA A METODIKA

Cílem této práce je zhodnocení kvality a tematické přesnosti databáze SSL2009 na základě kvantitativních metod (2.2.3 Použité statistické metody). Kvantitativní metody byly aplikovány na data získaná porovnáním hodnoceného datasetu (2.1.1 SSL) a jiných referenčních dat (2.1.2 Data pro tvorbu SSR). Samotné porovnání proběhlo na třech územích s různým rozmístěním (podílem) zástavby. V Příloha 4 až v Příloha 6 je jasně viditelný rozdíl mezi porovnávanými územími. Před samotným hodnocením byla stanovena hypotéza, že méně kompaktní zástavba a menší velikost jednotlivých shluků zástavby vykazuje horší tematickou přesnost mapy. Na základě hypotézy by tedy měla být nejpřesnější lokalita ZL, méně přesná lokalita PO a nejméně přesná lokalita RA. Více o jednotlivých lokalitách v kapitole 2.2.1 Výběr lokalit.

2.1 Data

2.1.1 SSL

SSL zachycuje zastavěné plochy v Evropě. Tento rastr přináší také informaci o propustnosti povrchu ve formě procentuálního podílu nepropustných ploch ku ploše jednoho pixelu. Mapa má rozlišení 20 m ve formě primárního produktu a 100 m ve formě finálního produktu. Zachycuje plochu 39 zemí Evropy. Celkově se jedná o rozlohu cca 5,8 mil km² (Kahabka, Kopecký 2009).

Pixely nabývají hodnot 0 pro nezastavěné oblasti a vodní plochy, 1 až 100 pro zastavěné oblasti, 254 pro nezařaditelné hodnoty a 255 pro chybějící data. Kahabka a Kopecký (2009) uvádí, že metadata obsahují vyhledávací tabulku (lookup table, LUT) pro agregaci spojitých hodnot rastru do 5 tříd. Tyto třídy jsou rozděleny 0 až 29 %, 30 až 49 %, 50 až 79 %, 80 až 99 % a 100 %. Prah 30 % se shoduje s dolní hranicí třídy CLC 1.1.2 a prah 49 % je mediánem této třídy. Horní hranice třídy 1.1.2 se shoduje s prahem 79 %. Od prahu 80 % se SSL shoduje s třídou CLC 1.1.1 (Příloha 2).

Poskytovaný 8bit tematický rastr je ve formátu ERDAS IMAGE Image (IMG) v referenčním systému *ETRS_1989 LAEA 52N 10E.prj*. Geometrická přesnost závisí na podkladovém ortorektifikovaném snímku a dle obecných pravidel tematická přesnost poskytovaného produktu má být vyšší než 85 % (Kahabka, Kopecký 2009).

SSL2009 vznikalo z produktu Image2009, který na území Čech vychází ze snímkování z 1. 4. 2008 – 12. 11. 2009 (Pohlová 2013).

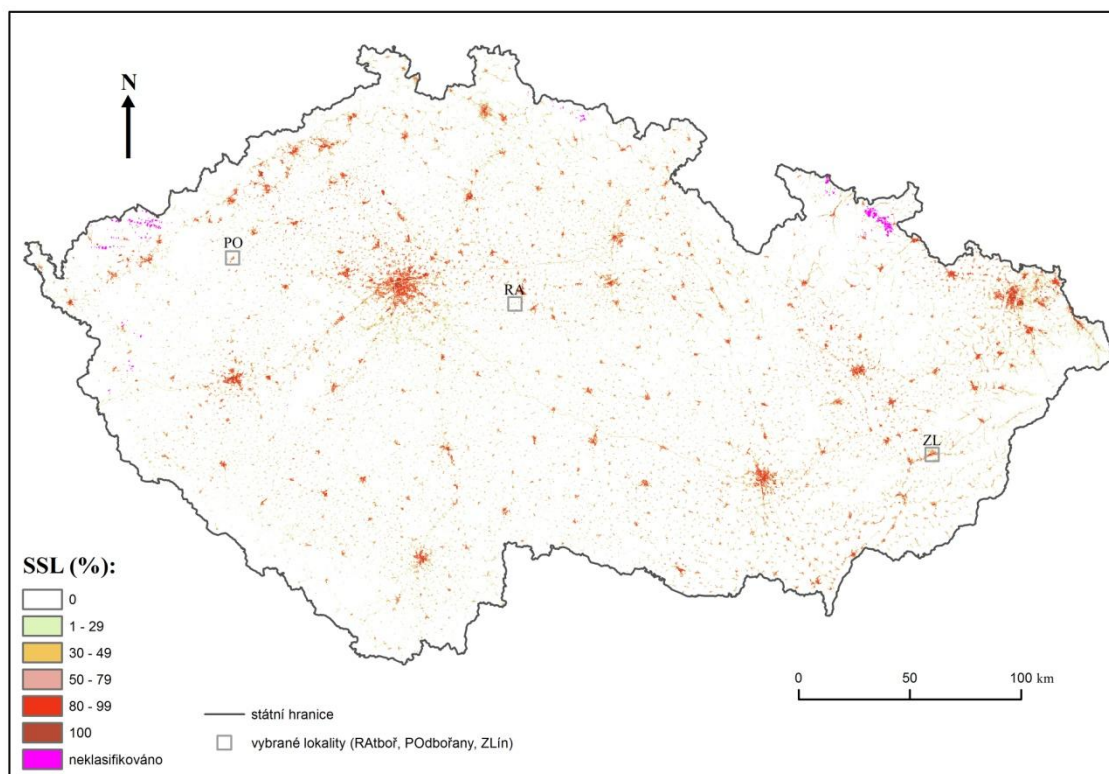
Dle datasetu z roku 2006 (Tabulka 5) je 6,5 % povrchu Evropy pokryto 1 ha pixely o zastavěnosti 1 až 100 %, v Česku tyto hodnoty dosahují skoro 8,4 % v roce 2006 a v roce 2009 již sahají k 8,7 %. Zastavěné oblasti (80 až 100 %) pokrývají v roce 2006 0,5 % Evropy a 1,2 % rozlohy Česka. Tato hodnota narostla k roku 2009 v Česku jen nepatrně. V rámci celé Evropy je tedy Česko v podílu nepropustných pixelů mírně nadprůměrné. Velmi podprůměrné je území Česka v obsahu hodnot 254 a 255, což jsou neklasifikované hodnoty. Většina těchto hodnot vzniká v místech oblačnosti, v Česku se jedná především o místa vyšších nadmořských výšek (Obrázek 3). V rámci celé Evropy je tedy výskyt oblačnosti v např. místech velkých horstev významnější.

Tabulka 5: Plošný rozsah hodnot rastrů a jejich zastoupení na různých úrovních v letech 2006 a 2009

Hodnota rastru	Kategorie	Plocha (ha)			Plocha (%)		
		EU 2006	ČR 2006	ČR 2009	EU 2006	ČR 2006	ČR 2009
0	Propustné pixely	568 636 267	7 227 489	7 190 050	92,80	91,64	91,17
1 - 100	Nepropustné pixely	39 829 049	659 278	689 379	6,50	8,36	8,74
254 - 255	Neklasifikované/No Data	4 289 282	6	7 344	0,70	0,00	0,09
Celkem:		612 754 598	7 886 773	7 886 773	100,00	100,00	100,00
0 - 79	Nezastavěné oblasti	605 401 543	7 795 594	7 788 003	98,80	98,84	98,75
80 - 100	Zastavěné oblasti	3 063 773	91 173	91 426	0,50	1,16	1,16
254 - 255	Neklasifikované/No Data	4 289 282	6	7 344	0,70	0,00	0,09
Celkem:		612 754 598	7 886 773	7 886 773	100,00	100,00	100,00

Zdroj: SSL2006, SSL2009_RA_PO_ZL.gdb, vlastní výpočty

Obrázek 3: SSL2009 pro území Česka ve 100m verzi



Zdroj: SSL09_RA_PO_ZL.gdb, ARCDATA PRAHA 2014

SSL 2009 (Obrázek 3) zachycuje v Česku rozmístění sídel. Jasně zřetelné je rozmístění měst i vesnic a také liniové tvary největších dopravních tahů a okolní zástavby. Neklasifikované hodnoty pixelů se vyskytují nejzřetelněji v oblasti Jeseníků a Krušných hor, kde je větší možnost výskytu oblačnosti. Také je zachyceno rozmístění hodnocených vzorových oblastí, s detailnějším náhledem viz Příloha 4 až 6

Kapitola 1.2.3.1 Mapování zástavby pojednávala o tvorbě hodnocené databáze.

2.1.2 Data pro tvorbu SSR

Tvorba referenční databáze byla založena na vizuální interpretaci ortofot zachycujících zvolená území z let okolo referenčního roku 2009. Ortofota poskytl na základě žádosti Český ústav zeměměřičský a katastrální (ČÚZK) z datového souboru Archivní ortofoto barevné. Snímky o velikosti 2 x 2,5 km jsou v souřadnicovém systému *S-JTSK_Krovak_East_North* (Příloha 1). Konkrétně jsou snímky z let 2008, 2009 a 2010.

Snímky zachycující území Podbořan v roce 2008 mají rozlišení 0,5 m a vznikly z náletu 13.5.2008. Snímky z let 2009 a 2010 zachycující území Zlína a Ratboře mají rozlišení 0,25 m. Snímky Zlína vznikly z náletu 26.5.2009 a snímky Ratboře 10.7.2010 (ČÚZK 2014). Pro kontrolu a rozhodování v interpretaci byly také využity snímky z webové mapové služby poskytované ČÚZK z let 2012. Dále byl použit jako další datový zdroj internetový portál mapy.cz, kde se nacházejí ortofota od firmy Geodis.

Pro hodnocení byla vytvořena bodová vrstva obsahující 1 440 000 bodů s rozestupy 5 m v pravidelné síti, do jejíž atributové tabulky byly zapisovány hodnoty vizuální interpretace ortofot (viz 2.2.2 Tvorba referenční databáze).

2.2 Metodika

Cílem této práce je zhodnocení kvality a tematické přesnosti databáze SSL2009 na základě kvantitativních metod (2.2.3 Použité statistické metody).

Pro validaci řešeného produktu je dle Hurbánka a Rosiny (2013) často používaný následující postup:

1. náhodný výběr dostatečně velkých vzorků pixelů v rámci celé mapy nebo cílený výběr vzorových dostatečně velkých území s určitým charakterem (v našem případě se jedná o druhou variantu, tedy cílený výběr několika území.)
2. zjištění referenčních hodnot zkoumané proměnné v pixelech ve vzorových územích
3. porovnání mapových a referenčních hodnot daných území
4. kvantifikace rozdílů a shody mezi hodnotami

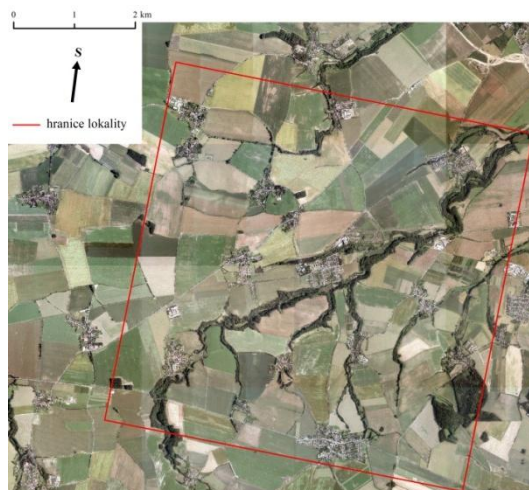
Poslední dva kroky souvisí s použitím různých statistických metod, které jsou uvedeny v kapitole 2.2.3 Použité statistické metody.

2.2.1 Výběr lokalit

Nejdříve bylo třeba vybrat lokality s požadovaným typem zástavby v krajině. S podobným typem validace na základě cíleného výběru území se zabývali Lajčáková (2013) či Hurbánek a kol. (2010). Různá území mají charakterizovat odlišný typ zástavby, tzn. aby jeden čtverec reprezentoval rozptýlený typ zástavby, další čtverce místa s vyšší mírou zástavby až po čtverec zachycující intravilán nějakého většího města.

Vybrána nakonec byla tři území ve tvaru čtverce ve velikosti 6x6 km (Obrázek 3) a to území okolo Ratboře, Podbořan a Zlína. Ratboř (Obrázek 4) je obec ležící ve středních Čechách v okrese Kolín. Do zkoumaného území patří ještě další vesnice např. Kbel, Kbílek, Kořenice, Lošany, Lošánky, Sedlov, Suchdol. Území reprezentuje typ osídlení, který se vyznačuje rozptýlenou venkovskou zástavbou. Toto území by mělo vykazovat dle naší hypotézy největší odchylky od skutečnosti.

Obrázek 4: Oblast Ratboře



Zdroj: ČÚZK 2014, SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Dalším územím byla oblast okolo Podbořan (Obrázek 5). Podbořany jsou menší město ležící v severozápadních Čechách v Ústeckém kraji v okrese Louny. Spolu s okolními vesnicemi Buškovice, Letov a Valov, představuje strukturu zástavby, která je kompaktnější než v případě Ratboře.

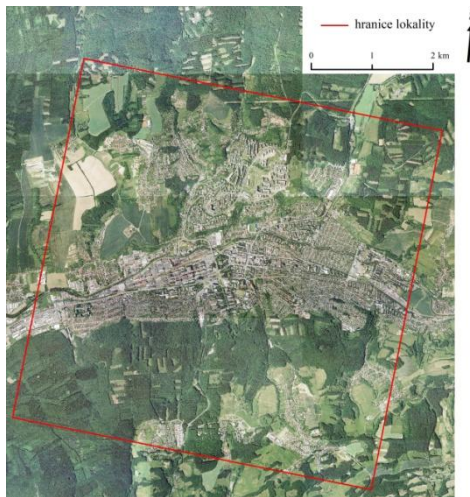
Obrázek 5: Oblast Podbořan



Zdroj: ČÚZK 2014, SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Poslední třetí vybranou oblastí s nejkompaktnější zástavbou je okolí Zlína (Obrázek 6). Zlín je krajské město na východě České republiky.

Obrázek 6: Oblast Zlína



Zdroj: ČÚZK 2014, SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

O výběru těchto lokalit také rozhodla již stanovená hypotéza o tom, že tematická přesnost SSL 2009 bude vyšší v místech kompaktnější zástavby a tedy nižší v místech rozptýlené zástavby. Uvedené zkoumané oblasti byly vybrány dle odlišného charakteru zástavby.

2.2.2 Tvorba referenční databáze

SSL byla zpracována v souřadnicovém systému *ETRS_1989_LAEA* (též nazývaný *ETRS_1989_LAEA_52N10E*). Ortofota jsou v souřadnicovém systému *S_JTSK_Krovak_East_North*. Pro převod souřadnic bylo třeba použít nejpreciznější transformaci pro území Čech a to je dle ARCDATA PRAHA (2010) *S_JTSK_to_ETRS_1989_1*, která má přesnost cca 1 m.

Interpretace snímků probíhala v programu ArcGIS 10.2. Na základě ortofot byl určen podíl zastavěných ploch ve vybraných čtvercích 6x6 km. Celá tvorba referenční databáze probíhala následujícím způsobem (Hurbánek, Rosina 2013):

- 1) K ortofotům byla vytvořena bodová pravidelná síť se vzdáleností mezi body 5 m, jeden čtverec 6x6 km je tedy pokryt bodovou vrstvou se 1 440 000 body.

- 2) Každému bodu byla přiřazena hodnota 0,1 nebo 2 dle povrchu, na kterém se nacházel. 0 značí propustné plochy, 1 značí nepropustné plochy s alochtonním materiálem a 2 značí nepropustné plochy s autochtonním materiálem (více viz 3.2.2.1 Hodnoty bodů). Tato hodnota je zapsána v atributové tabulce ve sloupci Ref_value.
- 3) Body s hodnotou 2 byly přiřazeny nejdříve k hodnotám 1 (sloupec Ref_value_2to1) a poté k hodnotám 0 (sloupec Ref_value_2to0). Vznikly tedy dva datasety SSRa a SSRb, na kterých mohlo být poté zjištěno, se kterým se více shoduje SSL.
- 4) Agregace na rastr s velikostí pixelů 20, 40, 60, 80, 100, 120, 200, 240, 300, 400, 500, 600, 1000, 1200, 1500, 2000, 3000 metrů (nejdříve tvorba 5m rastru a z něj agregovány ostatní agregační úrovně). Každá velikost pixelu nese informaci o podílu nepropustných ploch.

Zjištěné referenční hodnoty jednotlivých agregačních úrovní a hodnoty zkoumané databáze SSL agregované do stejných velikostí pixelů byly dále zpracovány a porovnávány v programu MS Excel s rozšířením Analyze-it pomocí kvantitativních statistických metod.

3.2.2.1 Hodnoty bodů

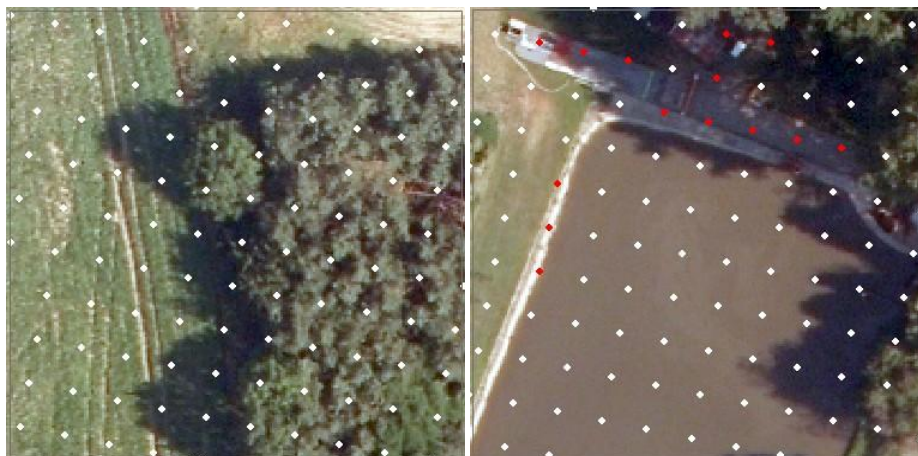
Bodům byly přiřazeny hodnoty 0, 1 nebo 2 dle podkladových ortofot. Hodnoty bodů vypovídající o propustnosti povrchu vycházejí z definice EEA (2009, s. 2) o nepropustných plochách: „Zastavěné plochy jsou charakteristické nahrazením původní přírodní nebo polopřírodního pokryvu či vodní hladiny umělým, často nepropustným povrchem, umělost je obvykle charakteristická dlouhou trvanlivostí.“ Hodnota 2 byla zavedena z důvodu nepřesnosti této definice ohledně nepropustných ploch s autochtonním materiálem. Pro zjištění, jak jsou tyto plochy vyhodnoceny pomocí validované databáze, vytvoříme dva referenční datasety. V prvním budou body s hodnotou 2 přiřazeny k hodnotám 1 (SSRa) a v dalším datasetu k hodnotám 0 (SSRb).

Klasifikace bodů probíhala podle následujících konkrétnějších parametrů:

PROPUSTNÉ PLOCHY – hodnota 0 (Obrázek 7):

Propustné plochy většinou pokryté vegetací případně náhodně bez vegetace (např. polnohospodářské plochy jako pole a zahrady) po odstranění vegetace nebo přirozeně bez vegetace (např. skály, písčité a štěrkové pláže a vodní plochy).

Obrázek 7: Hodnoty 0 (bílé), hodnoty 1 (červeně)



Zdroj: ČÚZK 2014, SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

NEPROPUSTNÉ PLOCHY – hodnota 1 (Obrázek 7: Hodnoty 0 (bílé), hodnoty 1 (červeně) Obrázek 8):

Nepropustné plochy s alochtonním materiálem jako je např. asfalt, beton, dlaždice, štěrk, antuka, škvára apod. (přemístěné na místo aktivitou člověka). Plochy se vyznačují nepřítomností vegetace, většinou zastavěné plochy jako budovy a komunikace (cesty chodníky, železniční tratě). Dále dvory zpevněné alochtonním materiálem, skladové plochy, skládky odpadu odizolované od podloží. Do této skupiny však nepatří (patří do skupiny 0) trvalé a již neměnné skládky či haldy hlušiny, zeminy či kamene, které nesou známky postupného zarůstání vegetací. Dále aktivní staveniště zatím bez alochtonního materiálu, těžební prostory (plochy, ze kterých člověk odstranil vegetaci kvůli povrchové těžbě hlíny, písku, štěrku či kamene).

NEPROPUSTNÉ PLOCHY – hodnota 2 (Obrázek 8):

Nepropustné plochy s autochtonním materiálem bez vegetace, obnažené kvůli opakující se aktivitě člověka a to alespoň u dvou snímků dané lokality z různých termínů (požita ortofota ČÚZK a mapy.cz). Jedná se např. o polní a lesní cesty, dvory a další plochy v blízkosti budov bez alochtonního povrchu, plochy na skladování dřeva, dlouhodobé uskladnění sena nebo hnoje bez střechy neodizolované od podloží. Nepatří sem však (patří do kategorie 0) intenzivně využívané plochy bez vegetace v důsledku ušlapání dobyt看, které jsou relativně ve větší vzdálenosti od zástavby.

Obrázek 8: Hodnoty 2 (modře), hodnoty 0 (bíle)



Zdroj: ČÚZK 2014, SSL09_RA_PO_ZL.gdb

Problematické případy:

Plochy jako jsou skladové plochy (zpevněné alochtonním materiálem) pro organický odpad, které jsou cyklicky zavážené a vyvážené. Odpad může být zarůstající vegetací.

Případy, kdy je třeba odhadnout, jak daný objekt klasifikuje satelit :

Když se bod nachází na vertikální nepropustné ploše (např. zeď či stěna budovy), která je viditelná jen díky pohledu snímkování „z úhlu“ tedy ne přesně z nadhlavníku, je třeba bod zařadit do kategorie 1 (Obrázek 9a). Když se bod nachází na místě vegetace, i když je zřejmé, že například pod korunou stromu se vyskytuje nepropustná plocha, je třeba ho zařadit do kategorie 0 (Obrázek 9b).

Obrázek 9: Snímkování z pohledu satelitu



Zdroj: ČÚZK 2014, SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

2.2.3 Použité statistické metody

Vztah mezi hodnocenými a referenčními daty byl zhodnocen pomocí několika kvantitativních metod:

1. Vytvořením histogramů:

- s rozložením hodnot rastrů od 0 do 100 % na několika agregačních úrovních
- s rozložením rozdílových hodnot rastrů ($SSL_i - SSR_i$) od -100 do 100 %

2. Vypočítáním korelačních koeficientů:

- Spearmanův r , Pearsonův ρ , Kendallův τ

3. Vypočítáním chyb:

- MAE (mean error) – průměrná absolutní chyba
- RMSE (root mean square error) – druhá odmocnina průměru čtverců chyb
- MAEN (mean error normalised) – průměrná absolutní chyba normalizovaná
- RMSEN (root mean square error normalised) – druhá odmocnina průměru čtverců chyb

2.2.3.1 Histogramy

Pro prvotní hodnocení byly nejdříve sestrojeny histogramy zachycující rozdělení hodnot nepropustnosti od 0 do 100 % v SSL a v SSRb. Pro porovnání početnosti chyb byly vytvořeny rozdílové histogramy, které vycházely z výpočtů:

$SSL_i - SSR_i$ = nadhodnocení (podhodnocení)

SSL_i = SSL hodnota v i – tém pixelu

SSR_i = referenční hodnota v i – tém pixelu

$SSL_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots, 100\}$

$SSR_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots, 100\}$

Rozdílové histogramy zobrazují míru nadhodnocení či podhodnocení. Nadhodnocený pixel SSL_i má větší hodnotu než pixel na stejném místě SSR_i . Obdobně podhodnocený pixel SSL_i má menší hodnotu než SSR_i v referenční databázi.

Kromě informace o nadhodnocení či podhodnocení nesou histogramy informaci o počtech chyb závažného nadhodnocení (podhodnocení) či částečného nadhodnocení (podhodnocení). Závažné chyby představují rozdíly kdy nadhodnocený pixel SSL_i má větší hodnotu než SSR_i a zároveň SSR_i je roven 0. Obdobně závažné podhodnocení značí, že podhodnocený pixel SSL_i má hodnotu 0 a referenční pixel SSR_i má hodnotu 1 až 100 %. Částečné chyby vznikají, když jsou SSL_i i SSR_i nepropustné (1 až 100 %).

2.2.3.2 Korelační analýza

Korelační analýza vyjadřuje vztah neboli závislost a její sílu a směr mezi referenčními daty a SSL. Závislost vypovídá o přesnosti hodnocené databáze. Obecně nabývají korelační koeficienty hodnoty (-1; 1). Hodnota (-1) značí silnou negativní závislost, hodnota 1 značí silnou pozitivní závislost a hodnota 0 žádný vztah mezi daty nedokazuje.

Výsledné hodnoty korelačních koeficientů (Pearsonův r , Spearmanův ρ , Kendallův τ) mohou nabývat v našem případě hodnot 0 až 1. Hodnoty blíží se k 1 vyjadřují vysokou závislost a hodnoty blíží se k 0 zamítají závislost. Korelační koeficienty byly vypočteny pro všechna území pro obě verze referenčního datasetu ($SSRa$, $SSRb$). Dále byly koeficienty vypočítány pro různé agregační úrovně.

Vzorce korelačních koeficientů (Zvára 2003):

Pearsonův korelační koeficient:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Spearmanův korelační koeficient:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_i (R_i - Q_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

Kendallův korelační koeficient (Žváček 2012):

$$\tau = \frac{(K - D)}{\frac{1}{2}n(n - 1)}$$

n = počet vzorků

$R_1 \dots R_n$ jsou pořadí náhodných veličin $x_1 \dots x_n$ seřazeného podle velikosti, obdobně $Q_1 \dots Q_n$ jsou pořadí náhodných veličin $y_1 \dots y_n$ seřazeného podle velikosti.

x_i = SSL hodnota v i – tém pixelu, $x_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots 100\}$

y_i = SSR hodnota v i – tém pixelu, $y_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots 100\}$

K = počet konkordantních párů

D = počet diskordantních párů

Dvě dvojice pořadí pozorování (x_i, x_j) a (y_i, y_j) jsou:

diskordantní ($R_{x_i} < R_{x_j}$ a $R_{y_i} < R_{y_j}$ nebo $R_{x_i} > R_{x_j}$ a $R_{y_i} > R_{y_j}$)

konkordantní ($R_{x_i} < R_{x_j}$ a $R_{y_i} > R_{y_j}$ nebo $R_{x_i} > R_{x_j}$ a $R_{y_i} < R_{y_j}$)

2.2.3.3 Výpočet chyb

Výpočet chyb byl aplikován na všechny agregační úrovně uvedené v 2.2.2 Tvorba referenční databáze. Chyby byly vypočteny dle vzorců dle Hurbánka a Rosiny (2013b):

$$MAE = \frac{\sum_i^n |SSL_i - SSR_i|}{n}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (SSL_i - SSR_i)^2}{n}}$$

SSL_i = SSL hodnota podílu nepropustných povrchů v i – tém pixelu vzorku (%)

SSR_i = SSR hodnota podílu nepropustných povrchů v i – tém pixelu vzorku (%)

$SSL_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots 100\}$

$SSR_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots 100\}$

n = celkový počet pixelů

MAE a $RMSE$ však nejsou vhodné pro porovnání tematické přesnosti map dvou území či území které mají různý podíl nepropustných povrchů. Je možné výslednou chybu (MAE , resp. $RMSE$) normalizovat hodnotou „nejlepšího dostupného odhadu

podílu nepropustných ploch v území“. Tato hodnota (B) byla vypočítána na základě vrstvy bodů tvořené pro referenční databáze, tedy body s hodnotou 1 byly dány do poměru s celkovým počtem bodů. Hodnota B byla počítána u každého území pro variantu $SSLa$ i $SSLb$. Výsledkem je průměrná absolutní chyba normalizovaná ($MAEN$) a odmocnina průměru čtverců chyb normalizovaná ($RMSEN$):

$$MAEN = \frac{\frac{\sum_i^n |SSL_i - SSR_i|}{n}}{B} \cdot 100 (\%)$$

$$RMSEN = \frac{\sqrt{\frac{\sum_i^n (SSL_i - SSR_i)^2}{n}}}{B} \cdot 100 (\%)$$

Dále je vhodné rozdělit zkoumané pixely podle hodnot SSL_i a SSR_i do šesti skupin:

- $AP: SSL_i = SSR_i \wedge SSL_i = 0 \wedge SSR_i = 0$ - shoda v pixelech bez nepropustných ploch
- $AI: SSL_i = SSR_i \wedge SSL_i > 0 \wedge SSR_i > 0$ - shoda v pixelech s nepropustnými plochami
- $MO: SSL_i > SSR_i \wedge SSR_i = 0$ - závažné nadhodnocení
- $PO: SSL_i > SSR_i \wedge SSR_i > 0$ - částečné nadhodnocení
- $PU: SSL_i < SSR_i \wedge SSR_i > 0$ - částečné podhodnocení
- $MU: SSL_i < SSR_i \wedge SSR_i = 0$ - závažné podhodnocení

Dále je třeba znát nejen celkovou chybu, ale také jak často se vyskytuje těchto šest případů. Pro každý z těchto typů (ne)shody je třeba zjistit frekvenci výskytu (n_{AP} , n_{AI} , n_{MO} , n_{PO} , n_{PU} , n_{MU}) vzhledem k celkové velikosti vzorku (n), přičemž platí:

$$n_{AP} + n_{AI} + n_{MO} + n_{PO} + n_{PU} + n_{MU} = n$$

$$\frac{n_{AP}}{n} + \frac{n_{AI}}{n} + \frac{n_{MO}}{n} + \frac{n_{PO}}{n} + \frac{n_{PU}}{n} + \frac{n_{MU}}{n} = 100 \%$$

Důležité je také zjistit velikost příspěvku každého typu neshody k $MAEN$, tedy do jaké míry se každý z nich podílí na celkové tematické nepřesnosti SSL . Pro podíly jednotlivých čtyř případů neshody a dvou typů shody na celkové hodnotě chyby $MAEN$ přitom platí:

$$MAEN = MAEN_{MO} + MAEN_{PO} + MAEN_{PU} + MAEN_{MU} \quad (MAEN_{AP} = 0; MAEN_{AI} = 0)$$

3. VÝSLEDKY

Pokud by se hodnocená databáze nelišila od referenční, jejich rozložení hodnot od 0 do 100 by bylo shodné a jejich rozdíly ($SSL_i - SSR_i$) by byly nulové. Každá výsledná databáze vykazuje určitou kvalitu dat, danou hlavně vstupními daty a procesem zpracování. Každá databáze je tvořena pro určitý účel s předem definovanými parametry, kvalita dat je tedy daná také účelem a danými vstupními parametry. V případě SSL vykazují data určité chyby, které byly odhaleny následující výsledky.

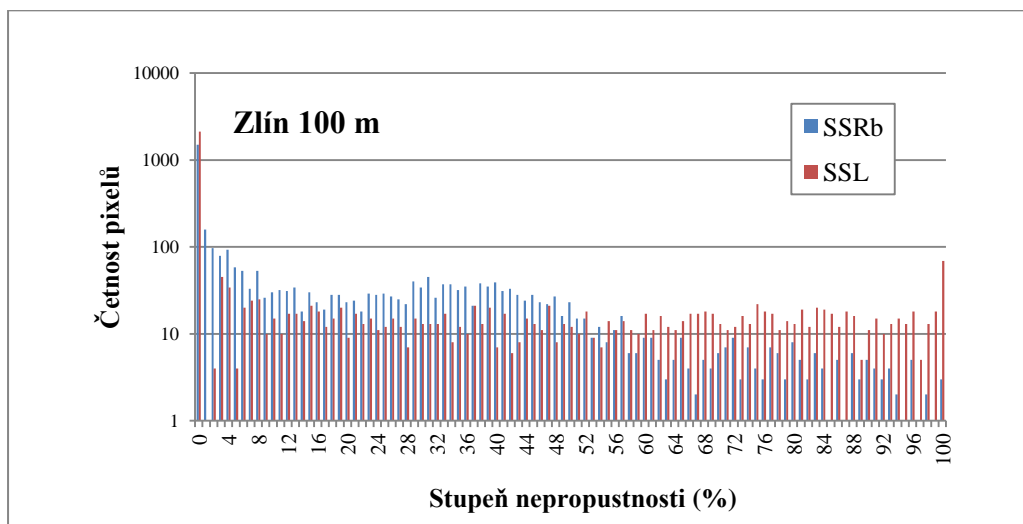
3.1 Histogramy

Nejdříve byly sestrojeny histogramy zachycující rozdělení hodnot stupně nepropustnosti (stupeň nepropustnosti je vyjádřen procentuálním podílem zastavěných ploch na ploše pixelu). Na grafech (Příloha 7: Rozložení hodnot nepropustnosti v 20m verzi pro Ratboř, Podbořany a Zlín lze vidět, že v hodnotách referenční databáze a SSL v 20m verzích jsou jisté rozdíly. Obě databáze vykazují velký podíl nulových hodnot, v případě SSL o něco vyšší, což souvisí s podhodnocováním nejnižších hodnot. Dále se však hodnoty rozcházejí. Dle referenční databáze jsou hodnoty nepropustnosti rovnoměrně rozmístěny mezi hodnotami 1 až 100 %, hodnoty jsou v jednotlivých pravidelných krocích, což souvisí s výpočtem hodnot průměrováním referenčních bodů. Hodnoty SSL vykazují větší podíl pixelů se střední a vyšší zastavěností, což může souviset s nadhodnocováním nejvyšších hodnot (Příloha 7).

Rozdělení hodnot *SSRb* a *SSL* na 100 m úrovni v oblasti ZL zachycuje Graf 1, ze kterého vidíme, že střední a nižší hodnoty jsou v *SSRb* četnější než v *SSL* a s narůstajícím podílem nepropustnosti jejich počet klesá. *SSL* podhodnocuje nejnižší hodnoty a vyšší hodnoty nadhodnocuje. Pro jednotlivé oblasti jsou v rozdělení hodnot také jisté rozdíly. Grafy pro rozptýlenější zástavbu Podbořan a Ratboře se nachází v Příloha 8, kde je stále podobně rozmístěné nadhodnocení a podhodnocení, ale v případě RA nedosahují střední a vyšší hodnoty takových četností a hodnota 100 % se zde vůbec nevyskytuje. Množství zobrazených hodnot v histogramech („hustota histogramů“) ukazuje podíl nepropustných pixelů v jednotlivých oblastech ve vzestupném pořadí RA, PO a ZL (). S narůstající agregační úrovní se rozptýl rozložení

hodnot SSL a SSR zmenšuje a hodnoty obou databází se přibližují k průměrné hodnotě daného území.

Graf 1: Rozložení hodnot nepropustnosti na 100m úrovni u referenční databáze a SSL pro oblast Zlína

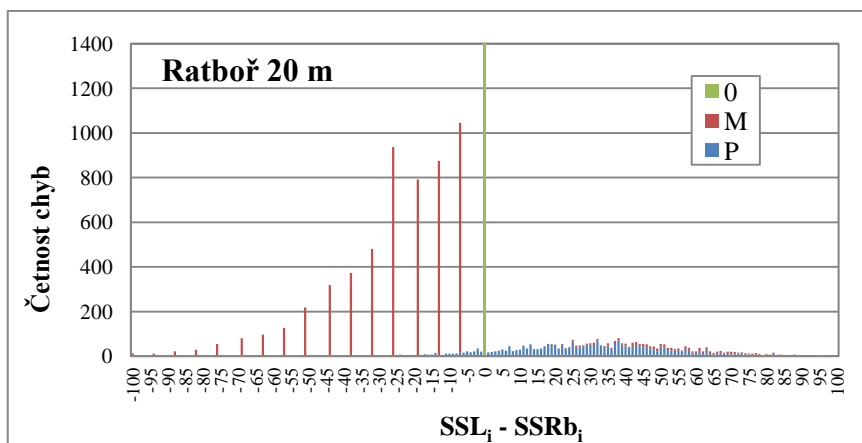


Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Dále byly vytvořeny rozdílové histogramy pro vybraná prostorová rozlišení. Zobrazeny byly agregační úrovně 20 m (Graf 2), 100 m (Graf 3), 300 m (Příloha 9), 600 m (Příloha 10). Hodnoty osy x byly vypočteny jako rozdíl SSL a referenční databáze, rozdílové histogramy tedy zobrazují míru nadhodnocení či podhodnocení. Osa x zahrnuje hodnoty od -100 do 100. Záporné hodnoty představují chyby podhodnocení (podhodnocený pixel SSLi má menší hodnotu než SSRi, $SSLi < SSRi$) a kladné hodnoty představují chyby nadhodnocení (nadhodnocený pixel SSLi má větší hodnotu než pixel SSRi, $SSLi > SSRi$). Zeleně je nanesena četnost správně klasifikovaných pixelů (rozdíl 0).

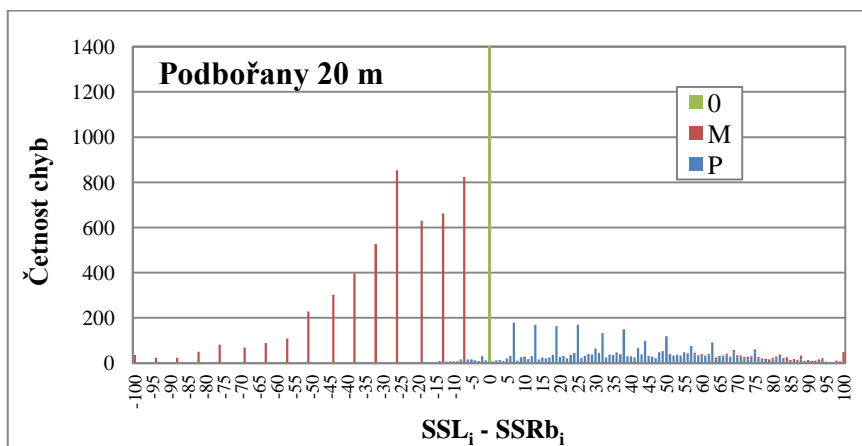
Kromě informace o nadhodnocení či podhodnocení nesou histogramy informaci o počtech chyb závažného (červeně) nadhodnocení (podhodnocení) či částečného (modře) nadhodnocení (podhodnocení). Závažné chyby představují rozdíly, kdy nadhodnocený pixel SSLi má větší hodnotu než SSRi a zároveň SSRi je roven 0. Obdobně závažné podhodnocení značí, že podhodnocený pixel SSLi má hodnotu 0 % a referenční pixel SSRi má hodnotu 1 až 100 %. Částečné chyby vznikají, když jsou SSLi i SSRi nepropustné (1 až 100 %).

Graf 2: Četnost chyb na 20m úrovni pro území Ratboře, Podbořan a Zlína



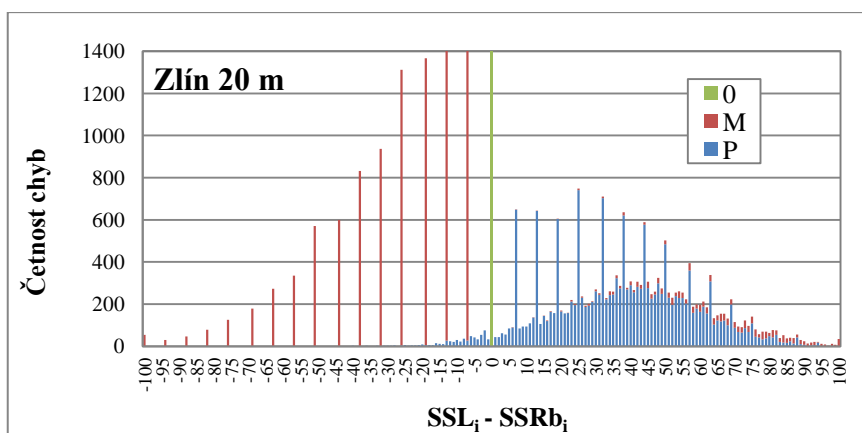
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Poznámka: 0 – nulový rozdíl, M – závažné chyby, P – částečné chyby
četnost vybíhající hodnoty 0 je 81 169



Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Poznámka: 0 – nulový rozdíl, M – závažné chyby, P – částečné chyby
četnost vybíhající hodnoty 0 je 80 946



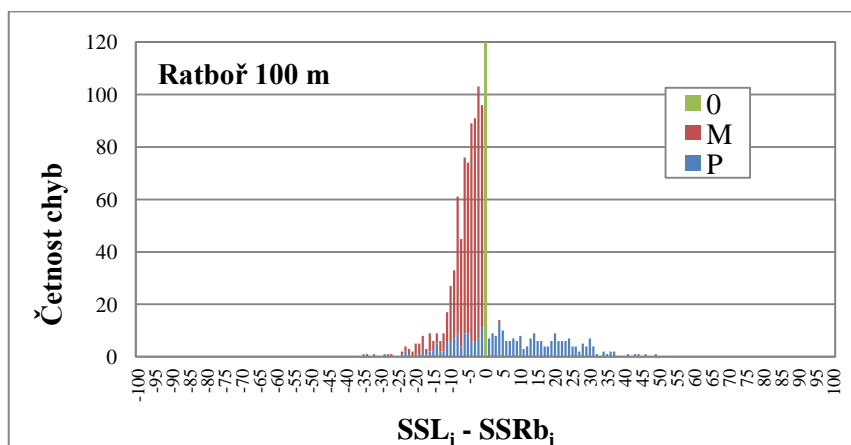
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Poznámka: 0 – nulový rozdíl, M – závažné chyby, P – částečné chyby
četnost vybíhajících hodnot 0 je 59 799, (-7) je 2 200, (-13) je 1 776

Ve výskytu závažných a částečných chyb je viditelná zákonitost. Na 20m úrovni (Graf 2) si u všech oblastí můžeme všimnout, že v podhodnocených chybách převládají závažné chyby, což poukazuje na velký výskyt nulových hodnot v SSL, které jsou ve skutečnosti zastavěné. U nadhodnocených chyb převládají chyby částečné, které vznikají v zastavěných oblastech. Chyby částečného nadhodnocení se dle očekávání nejvíce vyskytují u ZL, kde je největší plocha zastavěných oblastí a tedy největší prostor pro tyto chyby. Na 20m úrovni je nápadný výskyt závažných chyb nadhodnocení s nejvyššími hodnotami. Ty vznikají vynecháním zelených ploch v zástavbě, vynecháním liniových prvků vegetace či řek apod.

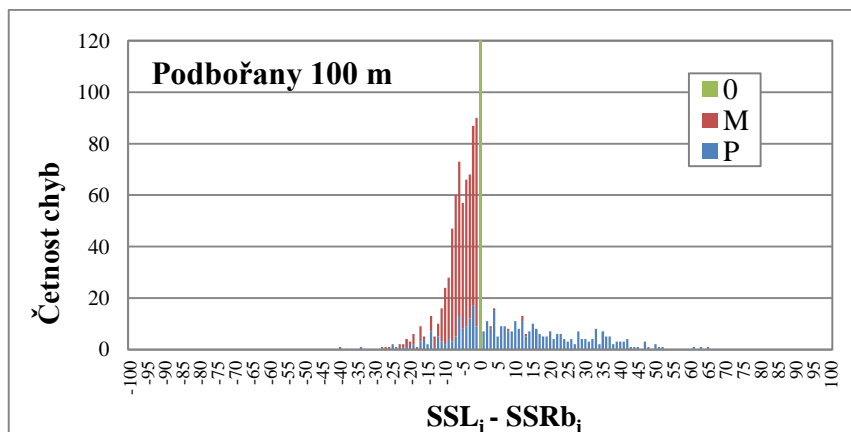
Správně klasifikované pixely (zeleně, Graf 2) dosahují pro RA četnosti 81 169, ale jen 50 z nich představuje pixely s hodnotou nepropustnosti větší než 0. Na území PO dosahují správně klasifikované pixely četnosti 80946, 794 z nich představuje pixely s hodnotou nepropustnosti větší než 0. A pro oblast ZL dosahují správně klasifikované pixely četnosti 59799 s počtem 2331 nepropustných pixelů. Převážnou část shody tedy představují pixely s hodnotami 0, kompaktností území narůstá podíl správně klasifikovaných nepropustných pixelů (Graf 2).

Graf 3: Četnost chyb na 100m úrovni pro oblast Ratboře, Podbořan a Zlína



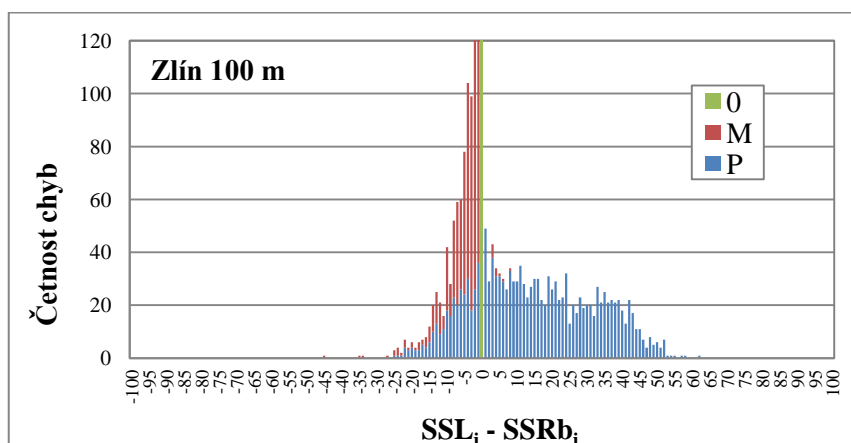
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Poznámka: 0 – nulový rozdíl, M – závažné chyby, P – částečné chyby
četnost vybíhající hodnoty 0 je 2604



Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Poznámka: 0 – nulový rozdíl, M – závažné chyby, P – částečné chyby
četnost vybíhající hodnoty 0 je 2640



Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Poznámka: 0 – nulový rozdíl, M – závažné chyby, P – částečné chyby
četnosti vybíhajících hodnot: O je 1487, M (-1) je 125, M (-2) je 96

Na 100m úrovni a vyšší (Příloha 9 a Příloha 10) se v případě nadhodnocení vyskytují víceméně jen částečné chyby. U podhodnocení převažují spíše chyby závažné. Na 300m úrovni převažují v počtu spíše chyby podhodnocení (Příloha 9). Na všech úrovních je jasné viditelné, že data v případě ZL vykazují více nadhodnocených chyb o větších velikostech, než v příkladech s rozptýlenější zástavbou. Naopak v případě venkovské oblasti RA jsou rozdílové hodnoty nejčastěji podhodnocení. Z Graf 3 také vidíme, že velké četnosti podhodnocení vykazují spíše relativně malé chyby a naopak méně početné nadhodnocené pixely sahají k vyšším hodnotám rozdílů.

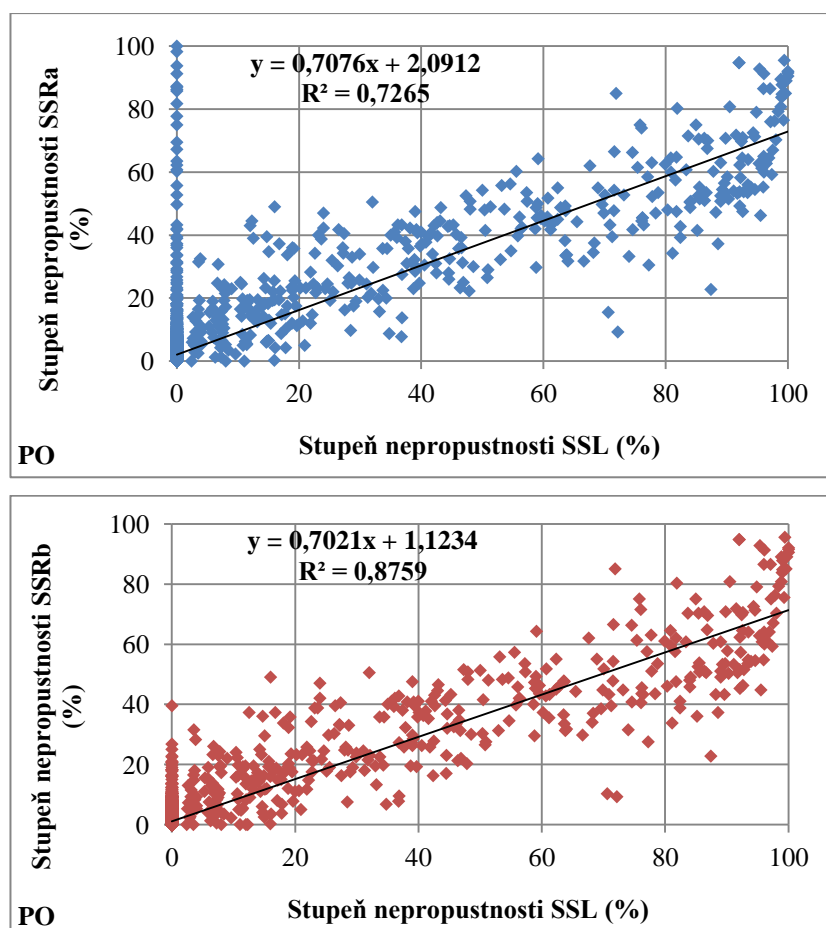
Příloha 9 a Příloha 10 vidíme postupný vývoj rozdílů s agregační úrovní. Na 300m agregační úrovni (Příloha 9) ještě v četnosti převládají správně klasifikované

pixels (nulové hodnoty) a na 600m úrovni však již podhodnocené pixely s nízkými hodnotami (Příloha 10).

3.2 Korelační analýza

Pomocí korelace dokazujeme vztah neboli závislost mezi datovými soubory SSL a referenční databáze. Závislost v našem případě vyjadřuje tematickou přesnost hodnocené databáze. Korelací byla analyzována data pro všechna území na všech agregačních úrovních. Na příkladu Podbořan ve 100m rozlišení vidíme rozložení hodnot hodnocené a referenční databáze (typu a, b). Dále je v grafu proložena lineární spojnice trendu hodnot, která poukazuje na pozitivní závislost hodnot SSL a referenční databáze SSRa a SSRb.

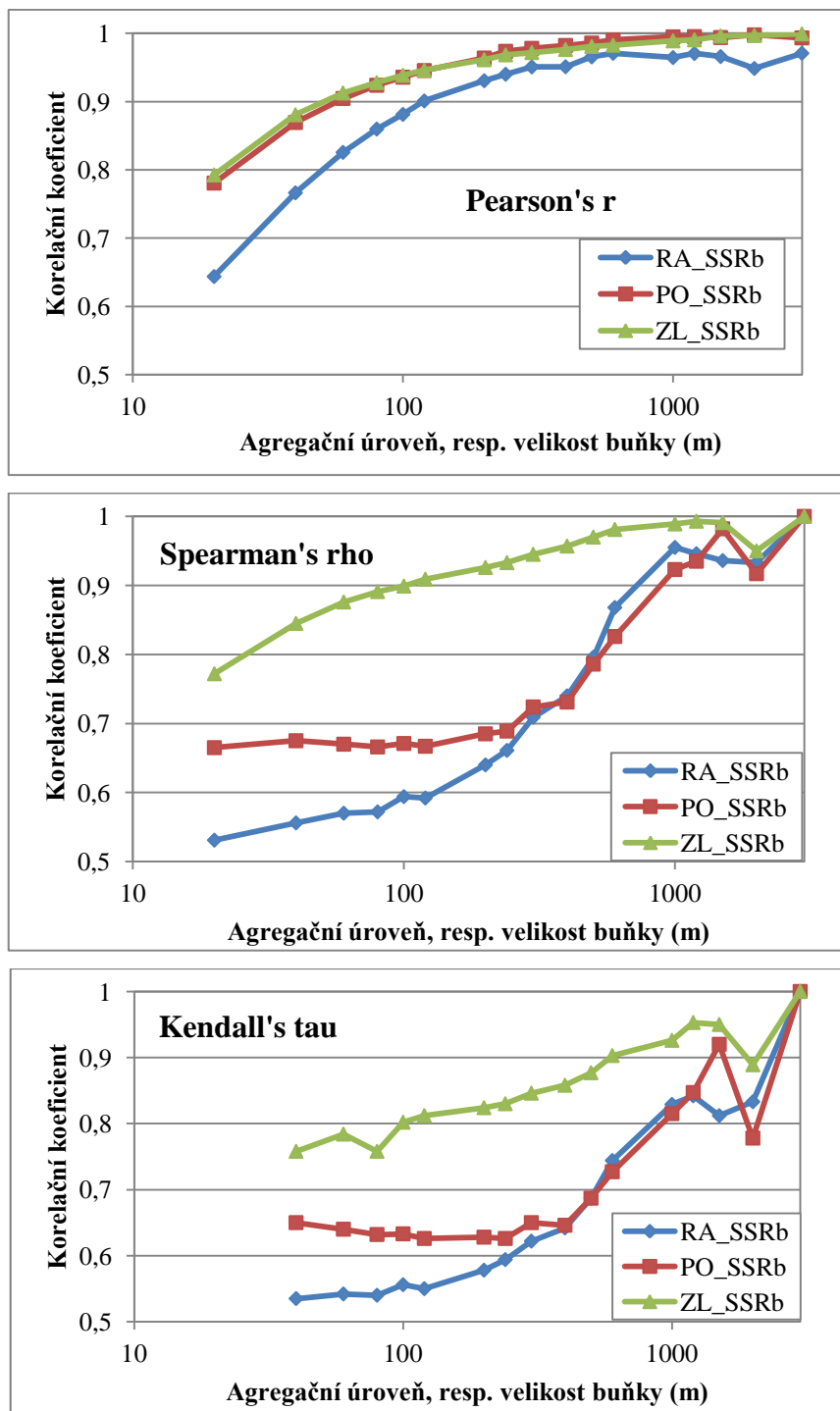
Graf 4: Rozložení hodnot nepropustnosti na území Podbořan při 100m rozlišení pro SSL a SSRa a SSRb



Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Vypočítání Pearsonových, Spearmanových a Kendallových korelačních koeficientů nám potvrdilo vzrůstající závislost dat s rostoucí agregační úrovní (Graf 5). Jejich hodnoty se pohybují od 0,5 až po 1. Hodnoty blízké 1 ukazují silnou pozitivní závislost. Pixely o velikosti 3000 m mají nejvyšší závislost, která je v případě Kendallova a Spearmanova koeficientu rovná 1. Dále byly koeficienty vypočítané pro obě verze referenční databáze (SSRa, SSRb) a výsledky poukazují na to, že hodnoty verze SSRb vykazují vyšší závislost (Příloha 11). Přesnost v této verzi je tedy o něco vyšší. Pro území RA a ZL se jedná jen o velmi malé rozdíly, s tím, že křivka pro SSRa pro území RA ve vyšších agregačních úrovních převyšuje křivku SSRb a poté se vyrovnají. Pro území PO se potvrzuje větší rozdíl mezi SSRa a SSRb, který ale také potvrzuje větší závislost SSL a SSRb. Na úrovni 2000 m dochází však ke zvratu a hodnota korelačního koeficientu pro SSRa převyšuje hodnotu SSRb, na 3000m úrovni se křivky vyrovnají (Příloha 9).

Graf 5: Pearsonovy, Spearmanovy a Kendallový korelační koeficienty na různých agregačních úrovních pro jednotlivá území pro SSRb



Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

3.3 Výpočet chyb

Normalizace podílem nepropustných ploch („nejlepším dostupným odhadem podílu nepropustných ploch v území“) vycházela z hodnot uvedených v Tabulka 6.

Tabulka 6: Podíly nepropustných ploch na celkových plochách v daných územích

	Podíl nepropustných ploch (%)	
	SSRa	SSRb
B ra	3,15	2,97
B po	5,65	4,66
B zl	15,73	15,59

Zdroj: SSL09_RA_PO_ZL.gdb, vlastní výpočty

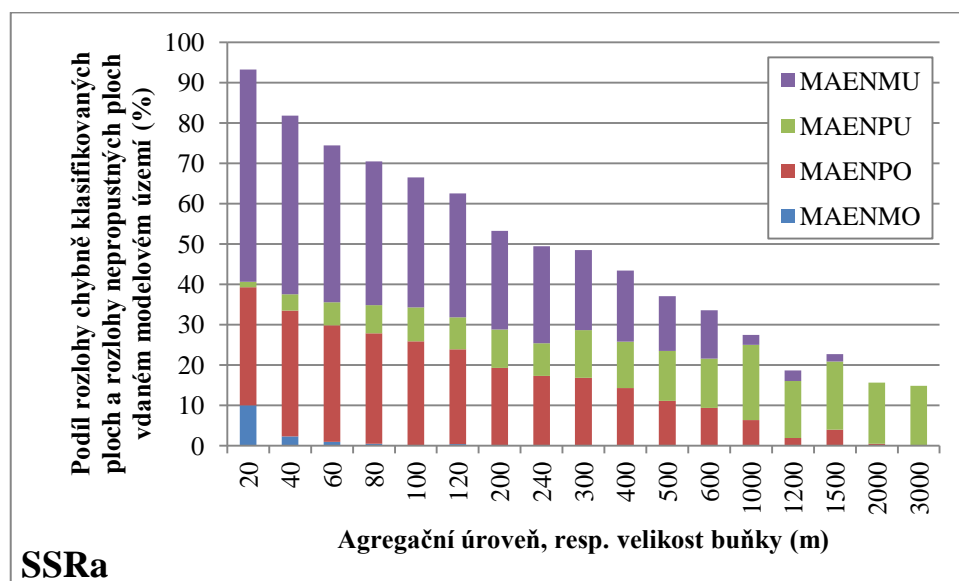
Po vypočtení MAEN resp. RMSEN (Příloha 12, Příloha 13) jsme ověřili tvrzení, že s klesajícím prostorovým rozlišením (resp. větší velikostí buňky) se zvětšuje tematická přesnost SSL (Hurbánek a kol. 2010). Při vyšším prostorovém rozlišení se více projeví jednotlivé odlehlejší hodnoty. Se zvětšováním velikosti pixelu se hodnoty SSL a referenční databáze se přibližují, což dokazuje Graf 6, kde se zvětšováním pixelu klesá MAEN. Také se nám ověřilo tvrzení, že se zmenšováním kompaktnosti osídlení (resp. růstem rozptýlenosti osídlení), klesá tematická přesnost SSL. Pro nejkompaktnější lokalitu ZL vyšla chyba MAEN nejmenší a pro lokalitu RA s nejroztýlenějším osídlením vyšla chyba MAEN největší (Příloha 12). Příklad PO tento trend podpořil, jako pro přechodný typ mezi rozptýlenou zástavbou RA a kompaktností ZL, má hodnoty MAEN vždy mezi jejich hodnotami. Příloha 12: Vývoj MAEN v závislosti na agregačních úrovních pro SSRb ukazuje, že postupnou agregací nastávají změny ve vývoji křivek (cca nad 500 m). Křivky se přetínají a křivka ZL dokonce převyšuje zbylé dvě křivky. Při rozlišení 500 a výše (u SSRb) má ZL vyšší hodnoty MAEN než RA, což je v rozporu s hypotézami. Pro ověření výsledků byly vypočteny pro každé území také RMSEN (Příloha 13). RMSEN zmírnila chyby ZL u největších pixelů a větší chyby zvýraznila, ale i zde stále přetrvává větší chyba ZL v nejvyšších agregačních úrovních (stále v rozporu s hypotézami H1, H2).

Dále byla položena otázka: „Do jaké míry se na celkové tematické nepřesnosti SSL v daném území podílejí chyby nadhodnocení a podhodnocení?“ (Hurbánek, Rosina 2013a). Nebo přesněji také uvádějí: „Jak často při porovnání hodnot nepropustnosti jednotlivých pixelů SSLi a SSRi nastávají případy dvou typů shody a čtyř typů neshody? (více v kapitole 2.2.3.3 Výpočet chyb). Odpovědi na tyto otázky nám již

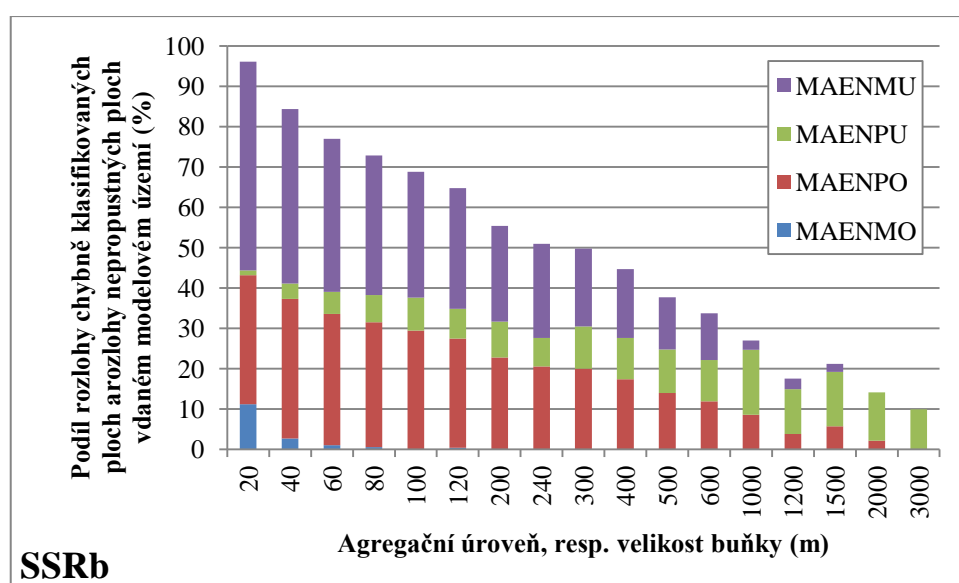
přiblížily hodnoty histogramů (3.1 Histogramy). Metoda přispěje zohledněním podílu nepropustných ploch v jednotlivých územích a názorným vyčíslením jednotlivých typů chyb.

Graf 6, Graf 7 a Graf 8 vykreslují podíly jednotlivých chyb na celkovém objemu chyb pro jednotlivá území pro porovnání SSL a referenčního rastru SSRa a SSRb. Rozložení chyb závisí na charakteru území a na agregační úrovni rastru.

Graf 6: Podíly jednotlivých chyb na celkové chybě pro území Ratboře s vyjádřením podílu rozlohy chybně klasifikovaných ploch a rozlohy nepropustných ploch (SSRa, SSRb)



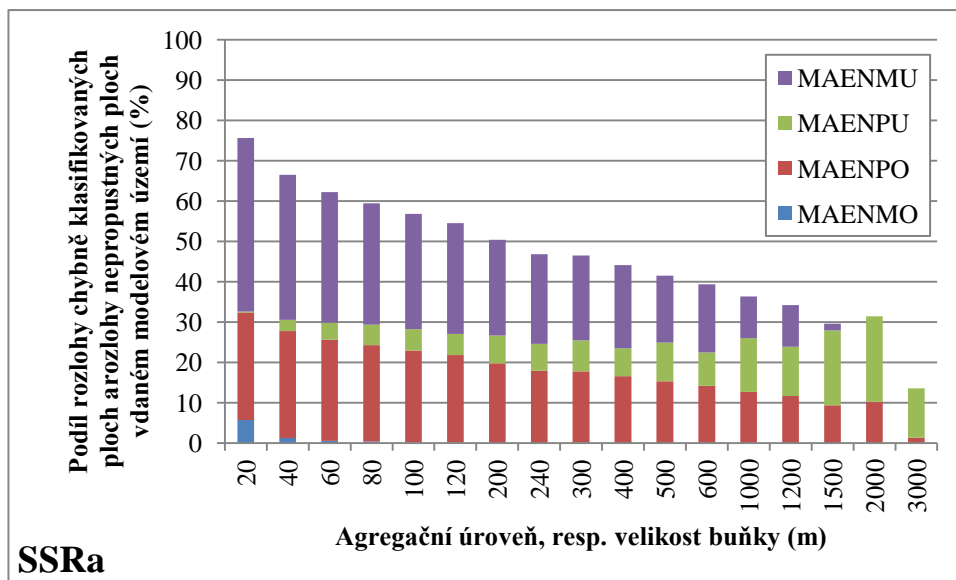
Poznámka: MU – závažné podhodnocení, PU – částečné podhodnocení,
PO – částečné nadhodnocení, MO – závažné nadhodnocení



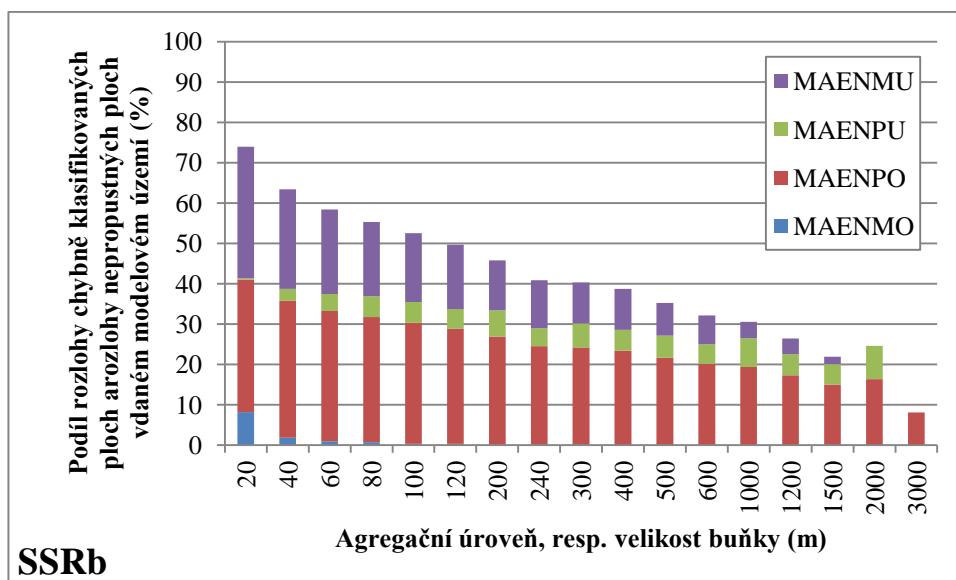
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

RA má největší MAEN a nejméně příznivou strukturu velikosti a početnosti chyb. Na nejnižších agregačních úrovních (nejvyšší rozlišení) převládají chyby závažného podhodnocení $MAEN_{MU}$. Ty s nárůstem agregační úrovně přecházejí v částečné podhodnocení $MAEN_{PU}$, protože s rostoucí hranou klesá počet nulových pixelů a roste pravděpodobnost, že pixel bude obsahovat nepropustné území. Velký podíl na chybě má také chyba částečného nadhodnocení, ke které dochází v hustěji zastavěných oblastech (Příloha 20). Na všech agregačních úrovních stále převládá podhodnocení.

Graf 7: Podíly jednotlivých chyb na celkové velikosti chyb pro území Podbořan (SSRa, SSRb)



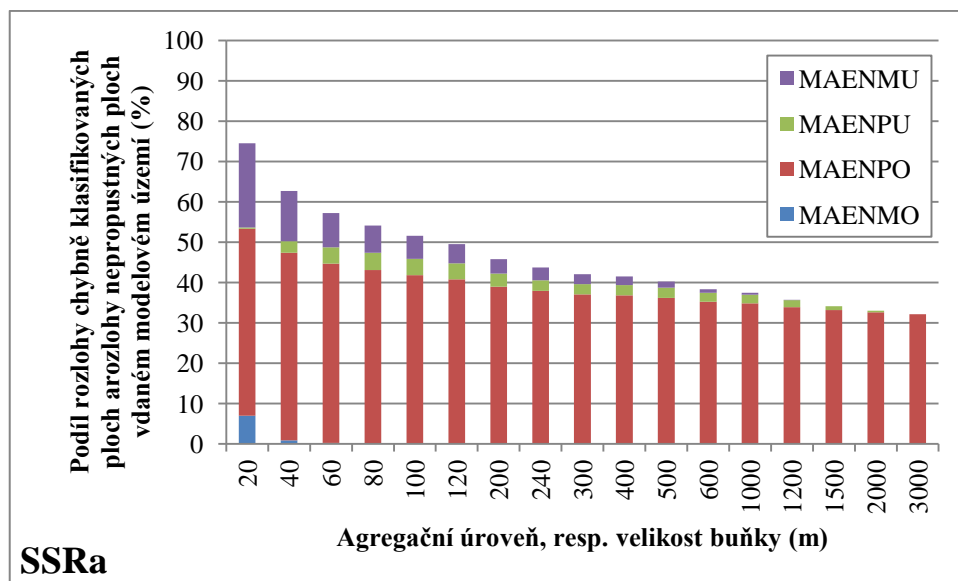
Poznámka: MU – závažné podhodnocení, PU – částečné podhodnocení,
PO – částečné nadhodnocení, MO – závažné nadhodnocení



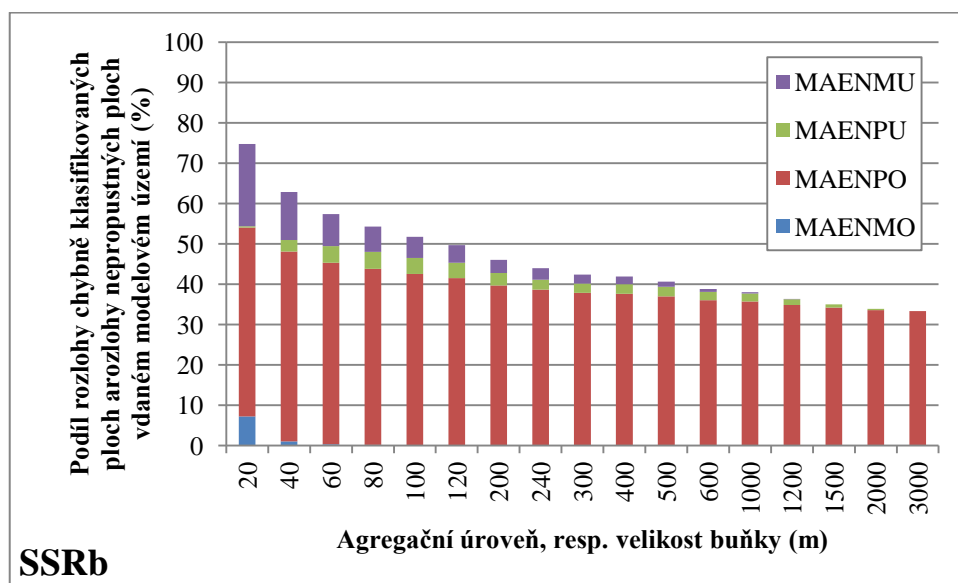
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Oblast PO opět potvrzuje status přechodného typu území. Vliv chyb nadhodnocení a podhodnocení je spíše vyrovnaný. V případě použití referenční databáze SSRa spíše převažuje podhodnocení typické pro rozptýlenou zástavbu. V případě použití SSRb, vedoucí roli přebírá nadhodnocení. V případě PO je rozdíl mezi SSRa a SSRb nejviditelnější. Při tvorbě SSR měl nejvíce hodnot 2, protože obsahuje velké množství sporných lokalit s těžbou, kde bylo těžké určit hranici mezi těžebním prostorem (který nemá být započítán do nepropustných ploch) a často užívanými cestami s autochtonním materiálem, kterým byly přiřazeny právě hodnoty 2. Nejvíce se to projevuje v nejvyšších agregčních úrovních. V případě největšího 3000m pixelu je v případě SSRa největší chybou podhodnocení a v případě SSRb nadhodnocení. Podíl počtu hodnot 2 je zřetelný z Tabulka 6, která ukazuje podíly nepropustných hodnot pro SSRa a SSRb.

Graf 8: Podíly vlivu jednotlivých chyb na celkové velikosti chyb pro území Zlína (SSRa, SSRb)



Poznámka: MU – závažné podhodnocení, PU – částečné podhodnocení,
PO – částečné nadhodnocení, MO – závažné nadhodnocení



Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Na Graf 8 vidíme, že chyba částečného nadhodnocení $MAEN_{PO}$ je v případě nejkompatnějšího ZL nejvýznamnější. Na nejvyšších agregačních úrovních ZL se vyskytuje víceméně jen chyba $MAEN_{PO}$. Představuje pixely, které jsou správně určeny jako nepropustné, mají ale větší hodnotu ve srovnání s referenční databází. Převaha částečného nadhodnocení pro nejkompatnější území vzniká např. vynecháním rozptýlené zeleně v městské zástavbě (Příloha 20). K podhodnocení zde dochází nejméně. Závažné podhodnocení se vyskytuje především na okrajích zástavby. Částečné

podhodnocení je v 20m rozlišení málo četné, ale ke 40, 60, 80, 100 narůstá a pak zase klesá. Přiřazení hodnot 2 k 0 či 1 nemá víceméně vliv vzhledem k podílu těchto hodnot.

K závažnému nadhodnocení (pixely označené jako nepropustné, které jsou ve skutečnosti propustné) dochází jen málo a to u pixelů s nejmenší hranou. Mezi tyto pixely patří například liniové propustné plochy v městské zástavbě (řeky) které nejsou v *SSL* zaznamenány. Při větším rozlišení se však tyto objekty ztrácí a propustné pixely se mění na pixely nepropustné a chyby závažného nadhodnocení přechází do částečného nadhodnocení.

Srovnáním Příloha 14 a Příloha 15 zjistíme následující fakta pro území RA. V Příloha 14 v počtu jasně převládají chyby podhodnocení, při vyšším rozlišení převládají závažné chyby a při nižším částečné. Počet podhodnocených pixelů má podíl 70 až 80 % a při největší hraně pixelu 100 %. Nadhodnocení se tedy na celkové chybě podílí cca 20 až 30 %. V Příloha 15 má větší podíl na velikosti chyb stále podhodnocení, podíl nadhodnocení se však u nízkých a středních agregačních úrovní zvýšil cca na 40 až 50 %. Z toho vyplývá, že vícepočetné chyby podhodnocení jsou relativně menší než méně početné chyby nadhodnocení. Podobné výsledky nabízí srovnání Příloha 16 a Příloha 17 pro území Podbořan, kde je ještě viditelnější rozdíl mezi poměrem početností chyb a poměrem velikostí chyb. Co se týče podílu na počtu chyb, tak převládají chyby podhodnocení (kromě 3000m pixelu). V podílu velikosti chyb však převládají chyby nadhodnocení. Zde se opět potvrdilo, že méně početné nadhodnocení pixelů nabývá větších hodnot než podhodnocení. Toto zjištění potvrzují i Příloha 18 a Příloha 19 pro území Zlína. Zde převládají nadhodnocené pixely jak v počtech, tak ve velikosti rozdílových hodnot. Nápadné jsou velikosti nadhodnocených chyb zejména pro střední agregační úrovně (Příloha 19).

4. DISKUZE

4.1 Možné zdroje chyb

Rozdílné hodnoty rastrů mohou být způsobeny chybami, ovšem i různými parametry a účely vzniku. Nutno brát v potaz, že se chyby mohou vyskytovat v obou použitých databázích, tzn. jak v hodnoceném rastru SSL, tak v referenční databázi. Chybám v hodnoceném rastru se věnuje většina textu, zde ale budou popsány také určité nedostatky v tvorbě v referenční databáze.

Již použití podkladových dat pro tvorbu referenční databáze, v našem případě v ortofotech, významně ovlivňuje výsledky. Geometrická přesnost ortofot poskytovaných ČÚZK (2015) je 0,25 m, resp. 0,5 m. Dále musíme počítat s faktem, že pořízení ortofot se liší s datem pořízení snímků Image2009. Byla však dodržena relativně přísná podmínka, že referenční data mají být z ± 1 roku pořízení hodnocené databáze, v našem případě v letech 2008, 2009, 2010. Samozřejmě mohlo a docházelo k určitým změnám ve snímaných oblastech. Pro zmírnění těchto vlivů, byla při interpretaci používána i další data z odlišných let, která byla důležitá především pro hodnoty 2. Interpretace objektů v rámci této skupiny mnohdy vyžaduje pohled na stav v jiném časovém období. Vzhledem k tomu, že SSR pro venkovskou oblast RA vznikla k roku 2010, mohl tento časový odstup snímkování hrát určitou omezenou roli a podílet se mírným navýšením podhodnocení databáze SSL. Tento rozdíl však není tak markantní, podle Tabulka 5 průměrně narostly nepropustné plochy o 0,1 % za jeden rok v rámci celé ČR (dle hodnot k rokům 2006 a 2009). Tento nárůst by neměl příliš ovlivnit naše výsledky. Referenční databáze oblasti ZL vznikla z podkladů k roku 2009, což spadá do termínu snímkování Image2009, což může mírně podpořit nejvyšší shodu v této nejkompaktnější oblasti.

Dalším významným polem pro vznik chyb byla samotná interpretace snímků, která je způsobena několika vlivy. Problémem hodnocení, který byl zmiňován v hodnotících zprávách, byla nepřesnost definice zastavěných ploch. Rosina (2010) navrhuje potřebu jasné definice pojmu nepropustnosti a to nejlépe vyjmenováním jednotlivých povrchů. Nejasnosti v oblastech těžby, skládek a lokalit ve výstavbě byly řešeny při vzniku nových verzí SSL. Pro nejasnost člověkem zpevněných ploch

s autochtonním materiálem byla zavedena hodnota 2, která se však v případě lokality PO objevovala i v záměrně vynechaných oblastech těžby.

Při interpretaci se ukázalo, že velkou roli v možnosti správného přiřazení hodnoty bodu, hraje rozlišení ortofot. Ortofota z roku 2008 pro území Podbořan měla o něco menší rozlišení než ostatní data z pozdějších let (0,5 m x 0,25 m). I takový rozdíl samotnou interpretaci ztížil. Samotné rozlišení také může ovlivnit výskyt pixelů na rozhraní dvou ploch (př. silnice/pole). V takové situaci bylo stanoveno měřítko (1 : 500), při kterém byla přiřazena hodnota.

Problémem při interpretaci se také ukázaly být stíny, které mnohdy znemožňovaly rozlišení povrchových materiálů, což zmiňuje i Pohlová (2013). Problematická místa stínů se vyskytovala v blízkosti vyšších objektů a dvorů. Pro určení správného povrchu opět napomohl náhled do jiných podkladových dat (mapy.cz). Dalším problémem bylo snímání z úhlu, tedy ne kolmo k povrchu, jak satelitních snímků pro tvorbu SSL, tak leteckých ortofot. Úhel snímání ortofot se samozřejmě odlišuje od úhlu satelitního snímání a tedy poloha nepropustných ploch může být v určitých případech jiná. Samotný fakt snímání z úhlu vypustit nemůžeme, protože při zpracování satelitních snímků se radiální posun v důsledku nenulového vertikálního rozměru budov neřeší. Dalším a velmi podstatným nositelem chyb může být nezkušenost interpreta. Řešení sporných příkladů je velmi ovlivněno úsudkem interpreta. Nejspornější případy byly kontrolovány i osobou s odbornější znalostí interpretace. Přiřazování hodnot je ale velmi časově náročné, bylo by tedy neekonomické území interpretovat více osobami v celém rozsahu. Interpretace probíhala na snímkách v pořadí RA, PO, ZL a postupně docházelo k osvojování schopnosti interpretace

Také musíme brát v potaz, že referenční databáze vznikala z bodů vzdálených 5 m a u agregačních úrovní 20 m a 40 m je hlavně velikost a částečně i početnost chyb ovlivněna menší rozlišovací úrovní hodnot SSR (17 úrovní při 20 m agregaci a 65 úrovní při 40 m agregaci) v porovnání s hodnotami SSL (101 úrovní).

4.2 Zhodnocení výsledků a metod

Pro ověření stanovených hypotéz v úvodu práce byly použity tři statistické metody. Hypotézy H1 a H2 vychází z tvrzení, že přesnost SSL je menší, čím je osídlení více rozptýlené (Hurbánek a kol 2010, Lajčáková 2013). Podle hypotéz by tematická

přesnost měla stoupat v pořadí Ratboř, Podbořany, Zlín. Hypotézy H3 a H4 souvisí s poznatký Rosiny (2010), který dokázal, že SSL obsahuje mnoho chyb přiřazení a vynechání, což souvisí s pojmy nadhodnocení a podhodnocení. Zkoumání výskytu chyb nadhodnocení a podhodnocení bylo založeno na otázkách stanovených Hurbánkem a Rosinou (2013a): „Jak se na celkové tematické nepřesnosti SSL podílí jednotlivé typy chyb? Jak souvisí struktura typů chyb s charakterem osídlení?“. Poslední hypotéza H5 nahlíží na přesnost databáze z pohledu rozlišení a předpokládá, že s menším prostorovým rozlišením bude přesnost databáze stoupat. Mezi použité statistické metody patří histogramy, korelační analýza a výpočet chyb. Každá z metod přispěla určitým dílem ke zkoumání daných hypotéz. Po aplikaci metod však byly zjištěny i určité nedostatky metod.

Histogramy poukázaly na rozložení hodnot v hodnocené a referenční databázi i rozložení rozdílů mezi těmito databázemi na různých úrovních rozlišení. Rozložení hodnot v rastrech se shoduje s výsledky Pohlové (2013). Rozložení hodnot je nastíněno ve výsledcích (3.1 Histogramy). Výsledky jsou také ve shodě s poznatký Lajčákové (2015) o rozložení chyb nadhodnocených a podhodnocených a jejich závažnosti (apod.

Správně klasifikované pixely (zeleně, Graf 2) dosahují pro RA četnosti 81 169, ale jen 50 z nich představuje pixely s hodnotou nepropustnosti větší než 0. Na území PO dosahují správně klasifikované pixely četnosti 80946, 794 z nich představuje pixely s hodnotou nepropustnosti větší než 0. A pro oblast ZL dosahují správně klasifikované pixely četnosti 59799 s počtem 2331 nepropustných pixelů. Převážnou část shody tedy představují pixely s hodnotami 0, kompaktností území narůstá podíl správně klasifikovaných nepropustných pixelů (Graf 2).

Graf 3: Četnost chyb na 100m úrovni pro oblast Ratboře, Podbořan a Zlína). Z vykreslených histogramů (Příloha 7, Příloha 8) a počtu zaznamenaných hodnot by se mohlo zdát, že chybovost SSL je v oblasti ZL nejvyšší (v rozporu s H1), nesmíme však zapomenout, že je to způsobeno nejvyšším podílem zastavěných ploch a tedy největším prostorem pro vznik chyb. Histogramy jsou tedy užitečné tím, že svou „hustotou“ vypovídají o podílu zastavěných ploch v území. Histogramy slouží spíše pro zkoumání vývoje chyb a rozložení hodnot, než pro samotné určování kvality v jednotlivých oblastech a pro porovnání oblastí. Proto byly pomocí histogramů vykresleny jen hodnoty SSRb, které stačí pro pochopení rozložení dat a nastínění rozložení chyb.

Výsledky korelačních koeficientů víceméně potvrzují stoupající přesnost s rostoucí kompaktností území a se zvětšující se velikostí pixelu. Metoda korelační analýzy však v této situaci není úplně důvěryhodná a její použití pro naše data není úplně vhodné. Vstupní data příliš nesplňují podmínky pro použití daných korelačních koeficientů (Lajčáková 2013). Proměnné jsou typické výskytem velkého počtu opakujících se stejných nulových hodnot především na nejnižších agregačních úrovních (Příloha 7, Příloha 8). Víme, že např. u 20m verzi SSL počet nulových hodnot přesahuje i 90 % z celkových 90 000 pixelů (nejvíce nulových hodnot vykazuje RA a to 86 560 a v odpovídající referenční databázi SSRb 81 674). Počet stejných opakujících se hodnot je tedy značný, což nám může zkreslit závislost. Data také nesplňují předpoklad normálního rozdělení, které je požadavkem pro Pearsonův korelační koeficient. Metoda tedy není příliš vhodná na zkoumání tematické přesnosti SSL, což uvádí ve svých pracích i Lajčáková (2013) a Pohlová (2013). Přínosem této metody je však odhalení, že SSL vykazuje větší závislost s verzí SSRb.

Poslední metodou byl výpočet normalizovaných chyb. Při výpočtu celkové MAEN a podílů chyb na celkové MAEN byl normalizací zohledněn podíl zastavěných ploch v území, což nám umožňuje jednotlivá území porovnávat. Metoda potvrdila, že nejnižší agregační úroveň má nejvyšší hodnoty MAEN, resp. RMSEN a nejméně příznivou strukturu velikosti a početnosti chyb (Příloha 12, Příloha 13). Podle očekávání, velikost chyb MAEN a RMSEN ve všech modelových územích s rostoucí agregační úrovní klesá a struktura chyb se stává příznivější (ve shodě s H5). Dále MAEN, resp. RMSEN potvrzují větší tematickou přesnost v území ZL s kompaktnější zástavbou (ve shodě s H1 a H2). MAEN, resp. RMSEN však na nejvyšších agregačních úrovních ZL převyšuje MAEN, resp. RMSEN méně kompaktních území (Příloha 12, Příloha 13), což je v rozporu s (H1 a H2).

Dále měl být metodou objasněn výskyt podhodnocených a nadhodnocených chyb s informací o jejich závažnosti. Výsledky pro rozptýlenější území RA jsou ve shodě s tvrzením Pohlové (2013) o převaze podhodnocených chyb (Graf 6), která však nezkoumala SSL z pohledu charakteru území, ale náhodným výběrem vzorků. Území kompaktního ZL vykazuje největší početnost i velikost chyb nadhodnocení (Graf 8). Výsledky metody jsou ve shodě s hypotézami H3 a H4 o rozložení nadhodnocených a podhodnocených pixelů. Tato metoda nám dokázala odpovědět na otázky ohledně rozložení a charakteru chyb. Výsledky jsou v souladu s tvrzením Hurbánka a Rosiny

(2013a), kterým pro SSL2006 na Slovensku vyšly relativně velké počty relativně malých chyb podhodnocení a relativně malé počty relativně velkých chyb nadhodnocení.

4.3 Další možnosti výzkumu dané problematiky

V této práci nebyla zkoumána otázka přesnosti SSL ve souladu s 80% prahem zastavěných ploch stanovená EEA (2009). Pro metodu cílených vzorků by bylo možné práh zahrnout pomocí kontingenčních tabulek (Lajčáková 2013). Celkově je pro zjišťování prahu vhodnější hodnocení pomocí náhodných vzorků a následné vytvoření chybové matice (Rosina 2010, Pohlová 2013).

Do budoucna by bylo užitečné porovnání vzorků na mezinárodní úrovni pro různé krajiny. Také je důležité sledovat vývoj přesnosti jednotlivých verzí SSL (3 verze SSL2006, SSL2009 a v blízké době zveřejněná SSL2012 a další) s očekáváním rostoucí přesnosti rastrů. Důležitá bude nejen celková přesnost, ale také schopnost lépe zachytit území s méně kompaktní zástavbou. Také by bylo užitečné do budoucna zhodnotit tematickou přesnost vrstev změn mezi roky 2006 a 2009 či 2009 a 2012.

5. ZÁVĚR

Technický pokrok v oblasti DPZ umožňuje lepší informovanost obyvatelstva o okolním životním prostoru. Právě díky satelitnímu snímkování můžeme mapovat podobu zemského povrchu a aktivit, které se na planetě dějí. V rámci celého světa vznikají organizace za účelem zpracování satelitních dat. Náklady pro získání zmiňovaných dat jsou značné a získané informace je třeba co nejlépe využívat. Tato práce se věnuje jednomu z mnoha produktů vzniklých na základě dat DPZ.

Tématem této práce je mapa zastavěných ploch. Úvodní část textu popisuje téma celoevropského rastru Soil Sealing Layer, který je rozdělen na jednotlivé národní úrovně. Předložená práce poreferovala o důvodech vzniku databáze a celkovou potřebou mapování území. Dále byl popsán celý rámec tvorby a využívání produktu. Byly uvedeny zodpovědné organizace, které vznik produktu umožňují. Kromě samotného seznámení s fakty kolem databáze, se teoretická část věnuje potřebě kontroly kvality produktu z důvodu jeho dalšího využití. Hodnocení přesnosti vzniklého produktu se již věnovali mnohé studie, mnohé byly citovány i v této práci. Díky již zkoumaným faktům kolem kvality produktu, mohly vzniknout hypotézy, ze kterých vychází tato práce. Lze říci, že se tato práce pokouší navázat na výzkum kvality databáze na národní úrovni s uplatněním výsledků na úrovni mezinárodní.

Bakalářská práce hodnotila databázi v oblasti Česka, které představuje zástupce, který nemá žádná významná omezení ve smyslu fyzickogeografických extrémů. Samotný výzkum probíhá formou srovnání zkoumané databáze s leteckými ortofoty, které mají víceméně zastupovat skutečnost. Hodnocení databáze probíhalo na třech vzorových územích. Jejich výběr byl založen na předem stanovených pravidlech a hypotézách, které vychází jak ze samotného vzhledu a charakteru dat, souvisejícího s určitými limity automatického zpracování dat, tak z výsledků již proběhlých validací nejen v oblasti Česka. Samotné hodnocení přesnosti produktu proběhlo na základě rozdílů SSL a referenční databáze. Konkrétně byly na číselné hodnoty SSL a referenční databáze a jejich rozdílů aplikovány statistické metody, které se zaměřovaly především na určení charakteru chyb a jejich rozložení. Možno říci, že do jisté míry potvrdily předem stanovené hypotézy. Hypotézy nahlíží na chybovost z pohledu charakteru zobrazovaného území či prostorového rozlišení. Konkrétně největší chybovost byla očekávána ve vzorku s nejmenší kompaktností zachycovaného jevu, v našem případě

nejrozptýlenější zástavby, což bylo potvrzeno. Dále byla získána odpověď na rozložení chyb a důvody vzniku chyb a to na různých úrovních prostorového rozlišení. Také bylo dosaženo závěru, že použité metody mají velký přínos při zkoumání chybovosti, je ale důležité znát limity jednotlivých metod. Pro potřebu prozkoumání rozložení chyb mapované oblasti a její náchylnosti ke vzniku chyb se nám osvědčila spíše metoda výpočtu normalizovaných chyb. Cílem naší validace není hodnocenou databázi doporučit či zavrhnout, spíše přinášíme další informace na poli charakteristiky rozdílů SSL a skutečnosti.

Použité zdroje

- ARCDATA PRAHA, s.r.o. 2014. *ArcČR 500: Digitální geografická databáze*, verze 3.2 [geodatabáze] [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/geograficka-data/arccr-500/>
- ARCDATA PRAHA 2010. *Přehled zpřesňujících transformačních rovnic pro použití k převodu souř. systémů na území ČR a SR v ArcGIS 10* [online] [cit. 2015-03-20] Dostupné z: <http://www.arcdata.cz/podpora/tipy-a-triky/Detail/?contentId=110114>
- CENIA 2015a. *GMES* [online]. GEO/Copernicus v České republice. Praha, 2015. [cit. 2015-03-20] Dostupné z: <http://copernicus.gov.cz/gmes>
- CENIA 2015b. *Kosmická komponenta Copernicus* [online]. GEO/Copernicus v České republice. Praha, 2015. [cit. 2015-03-20] Dostupné z: <http://gmes.gov.cz/gmes/gmes-space>
- CONGALTON, R. G. 1991. *A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data*. Remote Sensing of Environment. 37, s. 35-46. ISSN 00344257
- COMM – COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 2005. *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Global Monitoring for Environment and Security (GMES): From Concept to Reality* [online]. Brussels, 2005. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0565&from=EN>
- COMM – COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 2008. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Global Monitoring for Environment and Security (GMES): we care for a safer planet* [online]. Brussels, 2008. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52008DC0748&qid=1431530479963&from=EN>
- CLMS – COPERNICUS LAND MONITORING SERVICES 2015a. *Imperviousness 2006, Imperviousness 2009, Imperviousness 2012, Imperviousness Change 2006*

- 2009 [online]. Copenhagen: EEA, 2015. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z:
<http://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/view>
- CLMS – COPERNICUS LAND MONITORING SERVICES 2015b. *Pan – European* [online]. Copenhagen: EEA, 2015. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z:
<http://land.copernicus.eu/pan-european>
- CLMS – COPERNICUS LAND MONITORING SERVICES 2015c. High Resolution Image Mosaic [online]. Copenhagen: EEA, 2015. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z:
<http://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-image-mosaic/view>
- ČÚZK – ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘIČSKÝ A KATASTRÁLNÍ 2014. Archivní ortofoto barevné: 2008, 2009, 2010 [cd] [wms]. [cit. 2015-05-21]. K náhledu:
http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_ARCHIV/WMSservice.aspx
- ČÚZK – ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘIČSKÝ A KATASTRÁLNÍ 2015. *Ortofoto České republiky – informace o produktu* [online] [cit. 2015-04-20]. Dostupné z:
[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(c5lly245o5nqba55yppdbqq2\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZK-ORTOFOTO-R&metadataXSL=full&side=ortofoto](http://geoportal.cuzk.cz/(S(c5lly245o5nqba55yppdbqq2))/default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZK-ORTOFOTO-R&metadataXSL=full&side=ortofoto).
- EC – EUROPEAN COMMISSION 2012a. *Soil sealing* [PDF]. 41 s. [cit. 2015-16-03]. Dostupné z:
http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/sealing/Soil%20Sealing%20In-depth%20Report%20March%20version_final.pdf
- EC – EUROPEAN COMMISSION 2012b. *Pokyny týkající se osvědčených postupů pro omezení zakrývání půdy, zmírnění jeho důsledků a jeho kompenzaci*. [PDF]. CS – Sealing Guidelines. Copenhagen, EEA, 2012. 66 s. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/CS%20-%20Sealing%20Guidelines.pdf>
- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2009. *Tender Specifications: GMES Fast Track Service Precursor on Land Monitoring (EEA/SES/09/003)* [PDF]. Copenhagen: EEA, 2009. 13 s. [cit. 2015-04-12]. Dostupné na internetu:
<http://www.eea.europa.eu/about-us/tenders/eea-ses-09-003/tender-specifications-eea-ses-09.003>

- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2010. *The European environment: State and Outlook 2010: soil* [PDF]. Copenhagen: EEA, 2010. 52 s. [cit. 2015-02-20] Dostupné z: http://www.eea.europa.eu/soer/europe/soil/at_download/file
- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2011. *Corine land cover 2006 by country* [online] Copenhagen: EEA, 2015. [cit. 2015-04-22] Dostupné z: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/corine-land-cover-2006-by-country/legend/Corine%20land%20cover%20classes.eps.75dpi.png/at_download/image
- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2014. *Corine land cover 2006 seamless vector data*. All classes – Spatial lite. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-3/>
- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2012. *SSL2009* [rastr] [cit. 2015-04-21]. Vyžaduje ArcMap 10.2.
- ESA – EUROPEAN SPACE AGENCY 2015. *Preparing to launch colour vision satellite* [online] [cit. 2015-04-28] Dostupné z: http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Preparing_to_launch_colour_vision_satellite
- FDC 2015. *Land monitoring* [online]. Vincennes, 2015. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://copernicus.eu/main/land-monitoring>
- FRANK, S. 2013. *Vliv zrychleného odtoku v urbanizovaném území na zásoby podzemní vody* [PDF]. Urbanismus a územní rozvoj, r. 16., č. 3., s. 8 – 13. Brno. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2013/2013-03/03_vliv.pdf
- GANGKOFNER, U., JACOB, P., BRODSKÝ, L. 2010. *Mapping Urban Permeability with ERDAS IMAGINE* [PDF]. 8 s. [cit. 2015-2-16]. Dostupné z: http://www.planetek.it/sites/default/files/Mapping_Urban_Permeability_with_ERDAS_IMAGINE.pdf
- HURBÁNEK, P. a kol. 2010. Accuracy of Built-up Area Mapping in Europe at Varying Scales and Thresholds. [PDF]. In *Accuracy 2010 : proceedings of the Ninth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*. Leicester. s. 385-388. [cit. 2015-03-10] Dostupné z: http://www.spatial-accuracy.org/system/files/img-X07133558_0.pdf

- HURBÁNEK, P., ROSINA, K. 2013a. *Metódy pre hodnotenie tematickej presnosti Európskej mapy umelých nepropustných povrchov* [PowerPoint]. Ružomberok 9 s. [2013-09-11].
- HURBÁNEK, P., ROSINA, K. 2013b. *Metódy pre hodnotenie tematickej presnosti Európskej mapy umelých nepropustných povrchov* [word]. Ružomberok 2013. [2013-09-11]. 3 s.
- KAHABKA, H., KOPECKÝ, M. 2009. *Updated Delivery Report European Mosaic* [PDF]. EEA [2009-12-22]. 13 s. [cit. 2015-02-10] Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-fast-track-service-precursor-on-land-monitoring-degree-of-soil-sealing/eea-ftsp-degree-of-soil-sealing/eea-ftsp-degree-of-soil-sealing/download>
- KOLÁŘ, J. 2003. *Geografické informační systémy 10*. 2. přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 161 s. ISBN 8001026876.
- KOLÁŘ, J. a kol. 2008. *Koncept a význam programu „Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti“ (GMES): studie*. Praha: Czech Space Office. 51 s. ISBN 9788090416314
- LAJČÁKOVÁ, A. 2013. *Validácia európskej mapy stupňa nepropustnosti z roku 2006 v lokalitách Podolíneč a Havranec*. Bakalárska práca. Ružomberok: KU, 2013. 84 s.
- LAJČÁKOVÁ, A. 2015. *Validácia európskej mapy stupňa nepropustnosti na Slovensku*. Diplomová práca. Ružomberok: KU. 88 s.
- LANGANKE, T. 2013. *GIO land High Resolution Layers (HRLs) – summary of product specifications*, v. 7 [PDF]. EEA [2013-10-14]. 17 s. [cit. 2015-02-10] Dostupné z: http://land.copernicus.eu/user-corner/publications/gio-land-high-resolution-layers/at_download/file
- MAUCHA, G., BÜTTNER, G. 2008. *Recommendations Quantitative assessment high-resolution soil sealing layer*, v. 2.1. [PDF]. Copenhagen: EEA and ETC LUSI, 2008. 32 s. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: http://inspire.ec.europa.eu/ref_ser.cfm?id=33276
- MAUCHA, G., BÜTTNER, G., KOSZTRA, B. 2010. *European validation of GMES FTS Soil Sealing Enhancement data (final draft)*[PDF]. EEA and ETC LUSI, 2010. 35 s. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-fast-track-service-precursor-on-land-monitoring-degree-of-soil>

- sealing/eea-ftsp-degree-of-soil-sealing-
1/soilsealing_european_validation_finaldraft.pdf/download
- MÜLLER, R. a kol. 2007. *Automatic production of a european orthoimage coverage within the GMES land fast track service using SPOT 4/5 and IRS-P6 LISS data* [PDF]. In: ISPRS Conference Proceedings. Volume XXXXVI. Germany, ISPRS Workshop Hannover, 2007. 6 s. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/1W51/paper/Mueller_krauss_lehner_einartz.pdf.
- POHLOVÁ, R. 2013. *Hodnocení přesnosti databáze zastavěných území v Česku*. Bakalářská práce. Praha, 2013. 52 s.
- ROSINA, K. 2010. *Eúropska mapa zastavaných plôch a jej validácia na území Slovenska*. Bratislava, 2010. 59 s.
- SOUKUP, T. 2012. *Geoland2 Workshop* [PDF]. Spain, geoland2 – EAGLE Meeting, Barcelona, 2012. 168 s. [cit. 2015-03-20] Dostupné z: http://gmes.gov.cz/sites/default/files/documents/Soukup_geoland2.pdf
- STRÁNSKÝ, D. 2013. *Přírodně blízké hospodaření se srážkovými vodami na stavebním pozemku a jeho důsledky pro územní plánování* [PDF]. Studijní text. Praha: ČVUT, 2013. 9 s. [cit. 2015-03-20] Dostupné z: http://cvut.mapovyportal.cz/OPPA_Stransky.pdf
- ŠRÁMEK, P. 2011. *Hodnocení kvality prostorových dat pro zvolené typy prostorových analýz* [PDF]. Diplomová práce. Pardubice, 2011. 79 s. [cit. 2015-03-20] Dostupné z: https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/38864/1/SramekP_HodnoceniKvality_JK_2011.pdf
- ZVÁRA, K. 2003. *Biostatistika*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2003. 213 s. ISBN 8024607395.
- ŽVÁČEK, J. 2012. Kendallův koeficient korelace τ . [online] Eistat: Elektronická interaktivní učebnice statistiky [cit. 2015-04-23] Dostupné z: <http://www.eistat.cz/kategorialni/ordinalni/kendall/index.htm>

Seznam příloh

Příloha 1: Výpis snímků pro tvorbu SSR.....	i
Příloha 2: Legenda CLC (44 tříd)	ii
Příloha 3: Corine Land Cover 2006 na jednotlivých územích (vektor) (EEA 2014).....	iii
Příloha 4: SSL, SSRa a SSRb v 20 m rozlišení pro oblast Ratboře	iv
Příloha 5: SSL, SSRa a SSRb ve 20m verzi pro Podbořany	v
Příloha 6: SSL, SSRa a SSRb na 20m úrovni pro Zlín	vi
Příloha 7: Rozložení hodnot nepropustnosti v 20m verzi pro Ratboř, Podbořany a Zlín	vii
Příloha 8: Rozložení hodnot nepropustnosti v 100m rozlišení pro RA, PO a ZL.....	viii
Příloha 9: Četnost chyb na 300m úrovni pro oblast Ratboře, Podbořan a Zlína.....	ix
Příloha 10: Četnost chyb na 600m úrovni pro oblast Ratboře, Podbořan a Zlína.....	x
Příloha 11: Spearmanovy korelační koeficienty pro verze SSRa a SSRb pro území Ratboře, Podbořan a Zlína	xi
Příloha 12: Vývoj MAEN v závislosti na agregačních úrovních pro SSRb	xii
Příloha 13: Vývoj RMSEN v závislosti na agregačních úrovních pro SSRb	xii
Příloha 14: Podíl počtu jednotlivých chyb na celkovém počtu chyb na území Ratboře (SSRb).....	xiii
Příloha 15: Podíl jednotlivých chyb na celkové chybě na území Ratboře (SSRb)	xiii
Příloha 16: Podíl počtu jednotlivých chyb na celkovém počtu chyb na území Podbořan (SSRb).....	xiv
Příloha 17: Podíl jednotlivých chyb na celkové chybě na území Podbořan (SSRb)	xiv
Příloha 18: Podíl počtu jednotlivých chyb na celkovém počtu chyb na území Zlína (SSRb).....	xv
Příloha 19: Podíl jednotlivých chyb na celkové chybě na území Zlína (SSRb)	xv
Příloha 20: Mapa rozložení typů chyb	xvi

Přílohy

Příloha 1: Výpis snímků pro tvorbu SSR

Podbořany 2008	Zlín 2009	Ratboř 2010
ORTO24.2008.JESE40	ORTO24.2009.ZLIN71	ORTO24.2010.KOLI59
ORTO24.2008.JESE50	ORTO24.2009.ZLIN72	ORTO24.2010.KOLI69
ORTO24.2008.ZATE37	ORTO24.2009.ZLIN73	ORTO24.2010.KOLI79
ORTO24.2008.ZATE38	ORTO24.2009.ZLIN74	ORTO24.2010.KUTH50
ORTO24.2008.ZATE39	ORTO24.2009.ZLIN80	ORTO24.2010.KUTH51
ORTO24.2008.ZATE47	ORTO24.2009.ZLIN81	ORTO24.2010.KUTH52
ORTO24.2008.ZATE48	ORTO24.2009.ZLIN82	ORTO24.2010.KUTH60
ORTO24.2008.ZATE49	ORTO24.2009.ZLIN83	ORTO24.2010.KUTH61
ORTO24.2008.ZATE56	ORTO24.2009.ZLIN84	ORTO24.2010.KUTH62
ORTO24.2008.ZATE57	ORTO24.2009.ZLIN90	ORTO24.2010.KUTH70
ORTO24.2008.ZATE58	ORTO24.2009.ZLIN91	ORTO24.2010.KUTH71
ORTO24.2008.ZATE59	ORTO24.2009.ZLIN92	ORTO24.2010.KUTH72
ORTO24.2008.ZATE66	ORTO24.2009.ZLIN93	ORTO24.2010.KUTH80
ORTO24.2008.ZATE67	ORTO24.2009.ZLIN94	ORTO24.2010.KUTH81
ORTO24.2008.ZATE68		ORTO24.2010.KUTH82
ORTO24.2008.ZATE69		

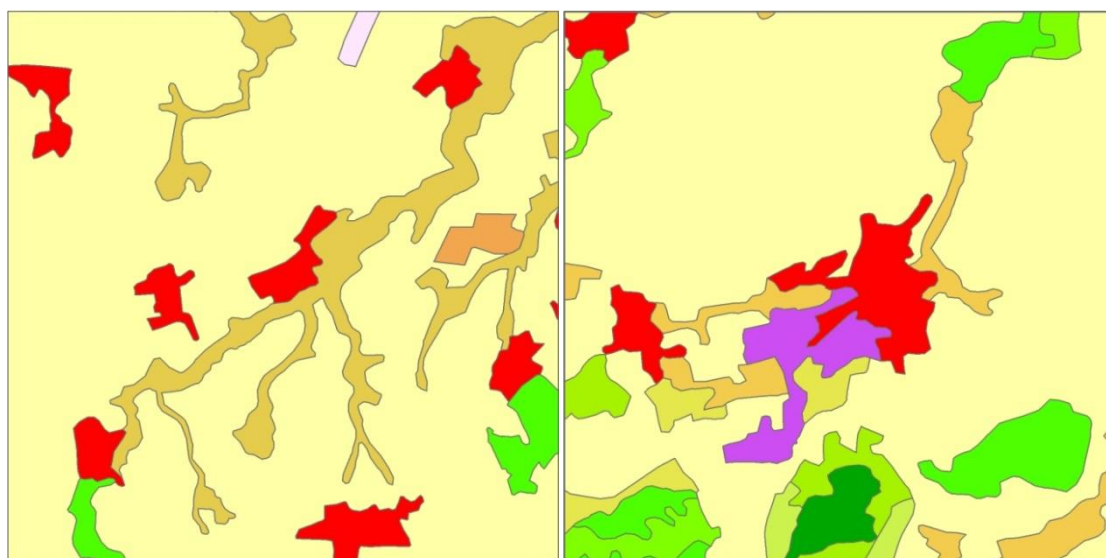
Zdroj: ČÚZK 2014

Příloha 2: Legenda CLC (44 tříd)

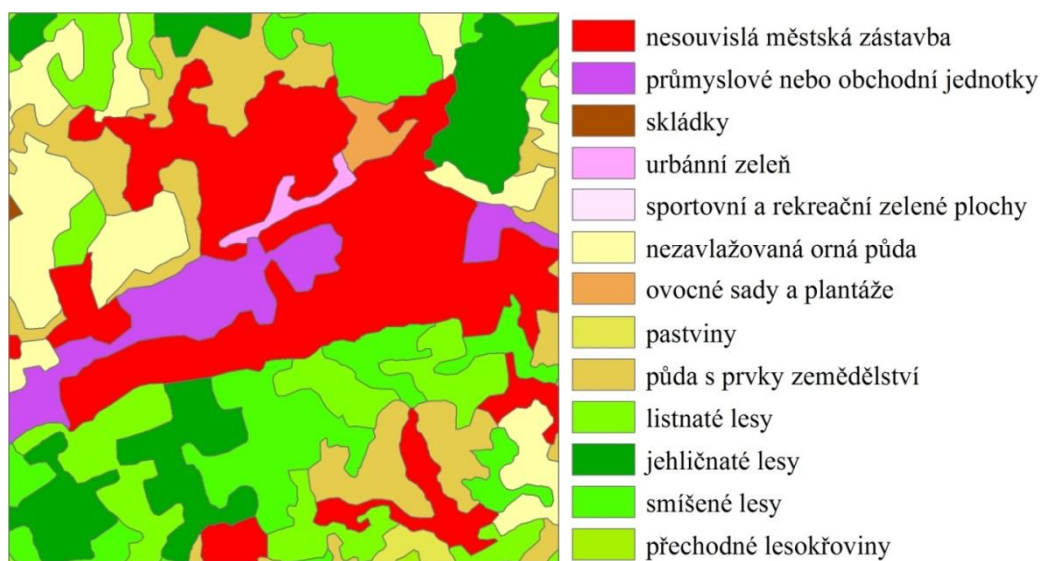
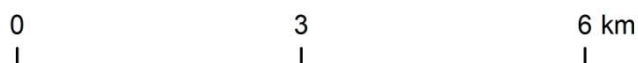
1. Artificial surfaces		3. Forest and seminatural areas	
1.1 Urban fabric		3.1 Forests	
	1.1.1. Continuous urban fabric		3.1.1. Broad-leaved forest
	1.1.2. Discontinuous urban fabric		3.1.2. Coniferous forest
1.2 Industrial, commercial and transport units			3.1.3. Mixed forest
	1.2.1. Industrial or commercial units	3.2 Shrub and/or herbaceous vegetation associations	
	1.2.2. Road and rail networks and associated land		3.2.1. Natural grassland
	1.2.3. Port areas		3.2.2. Moors and heathland
	1.2.4. Airports		3.2.3. Sclerophyllous vegetation
1.3 Mine, dump and construction sites			3.2.4. Transitional woodland shrub
	1.3.1. Mineral extraction sites	3.3 Open spaces with little or no vegetation	
	1.3.2. Dump sites		3.3.1. Beaches, dunes, and sand plains
	1.3.3. Construction sites		3.3.2. Bare rock
1.4 Artificial, non-agricultural vegetated areas			3.3.3. Sparsely vegetated areas
	1.4.1. Green urban areas		3.3.4. Burnt areas
	1.4.2. Sport and leisure facilities		3.3.5. Glaciers and perpetual snow
2. Agricultural areas		4. Wetlands	
2.1 Arable land		4.1 Inland wetlands	
	2.1.1. Non-irrigated arable land		4.1.1. Inland marshes
	2.1.2. Permanently irrigated land		4.1.2. Peat bogs
	2.1.3. Rice fields	4.2 Coastal wetlands	
2.2 Permanent crops			4.2.1. Salt marshes
	2.2.1. Vineyards		4.2.2. Salines
	2.2.2. Fruit trees and berry plantations		4.2.3. Intertidal flats
	2.2.3. Olive groves	5. Water bodies	
2.3 Pastures		5.1 Inland waters	
	2.3.1. Pastures		5.1.1. Water courses
2.4 Heterogeneous agricultural areas			5.1.2. Water bodies
	2.4.1. Annual crops associated with permanent crops	5.2 Marine waters	
	2.4.2. Complex cultivation patterns		5.2.1. Coastal lagoons
	2.4.3. Land principally occupied by agriculture		5.2.2. Estuaries
	2.4.4. Agro-forestry areas		5.2.3. Sea and ocean

Zdroj: EEA 2011

Příloha 3: Corine Land Cover 2006 na jednotlivých územích (vektor) (EEA 2014)



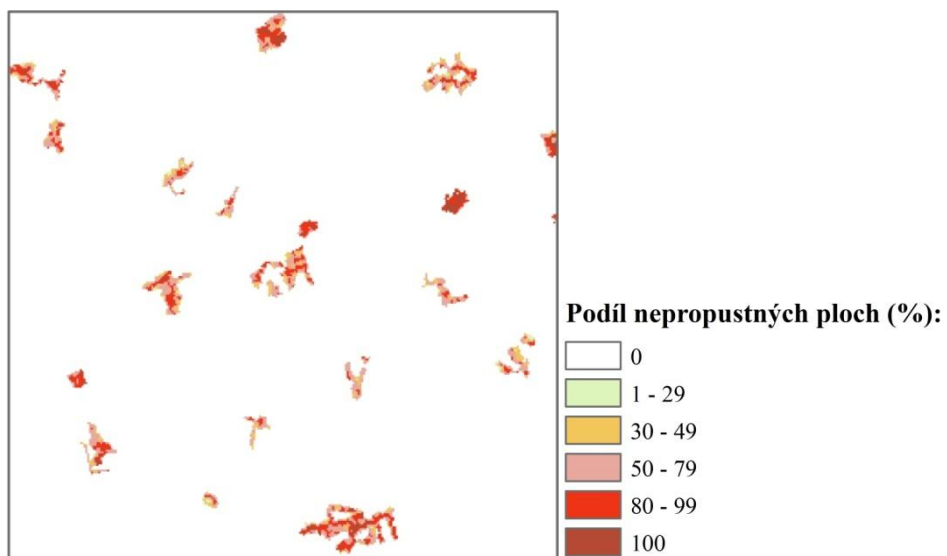
RA, PO



ZL

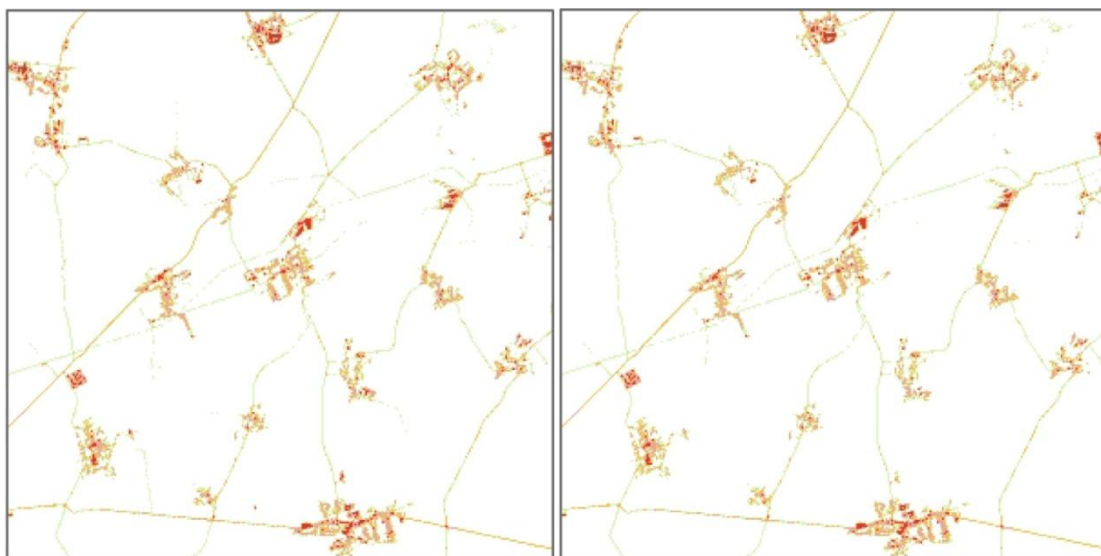
Zdroj: EEA 2014

Příloha 4: SSL, SSRa a SSRb v 20 m rozlišení pro oblast Ratboře



SSL

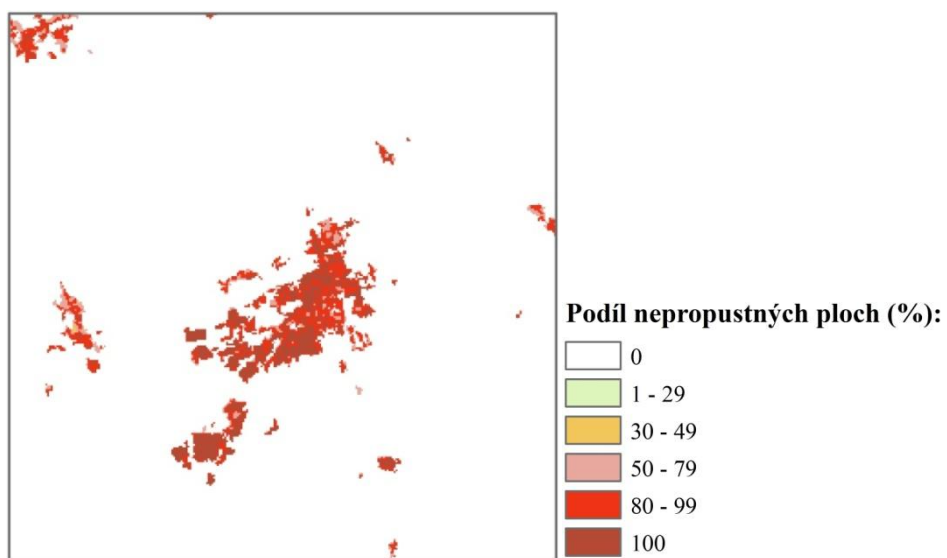
0 3 6 km



SSRa, SSRb

Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 5: SSL, SSRa a SSRb ve 20m verzi pro Podbořany



SSL

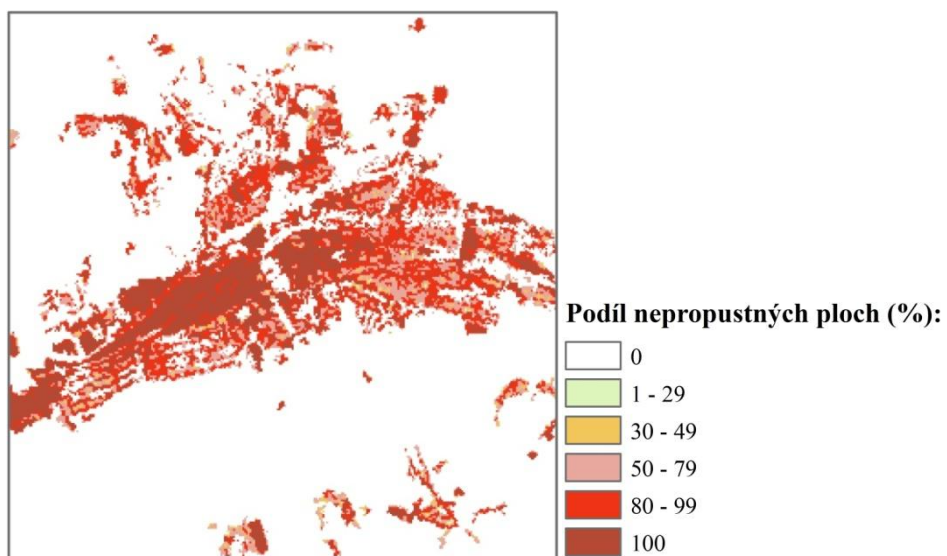
0 3 6 km



SSRa, SSRb

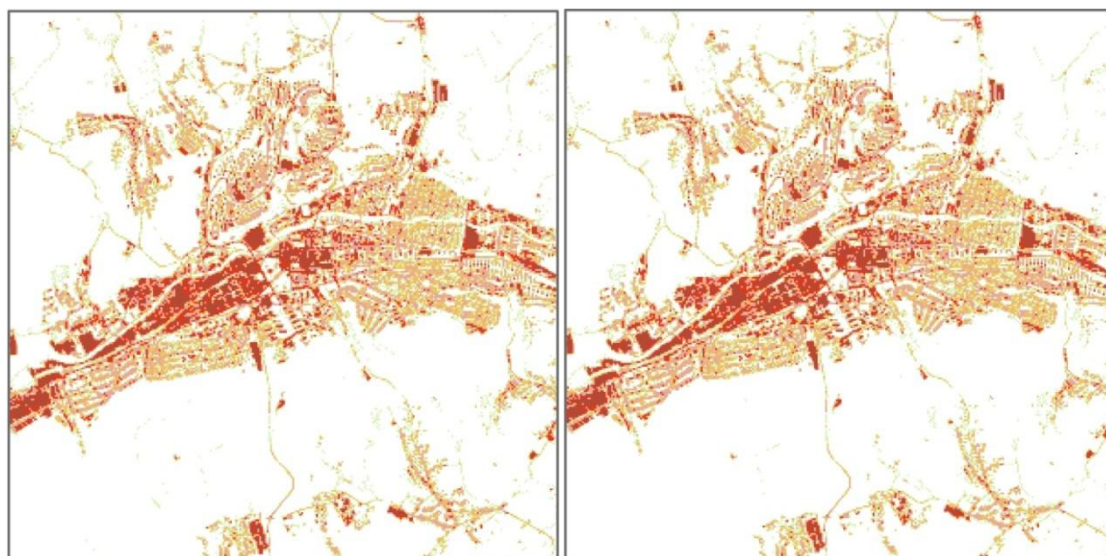
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 6: SSL, SSRa a SSRb na 20m úrovni pro Zlín



SSL

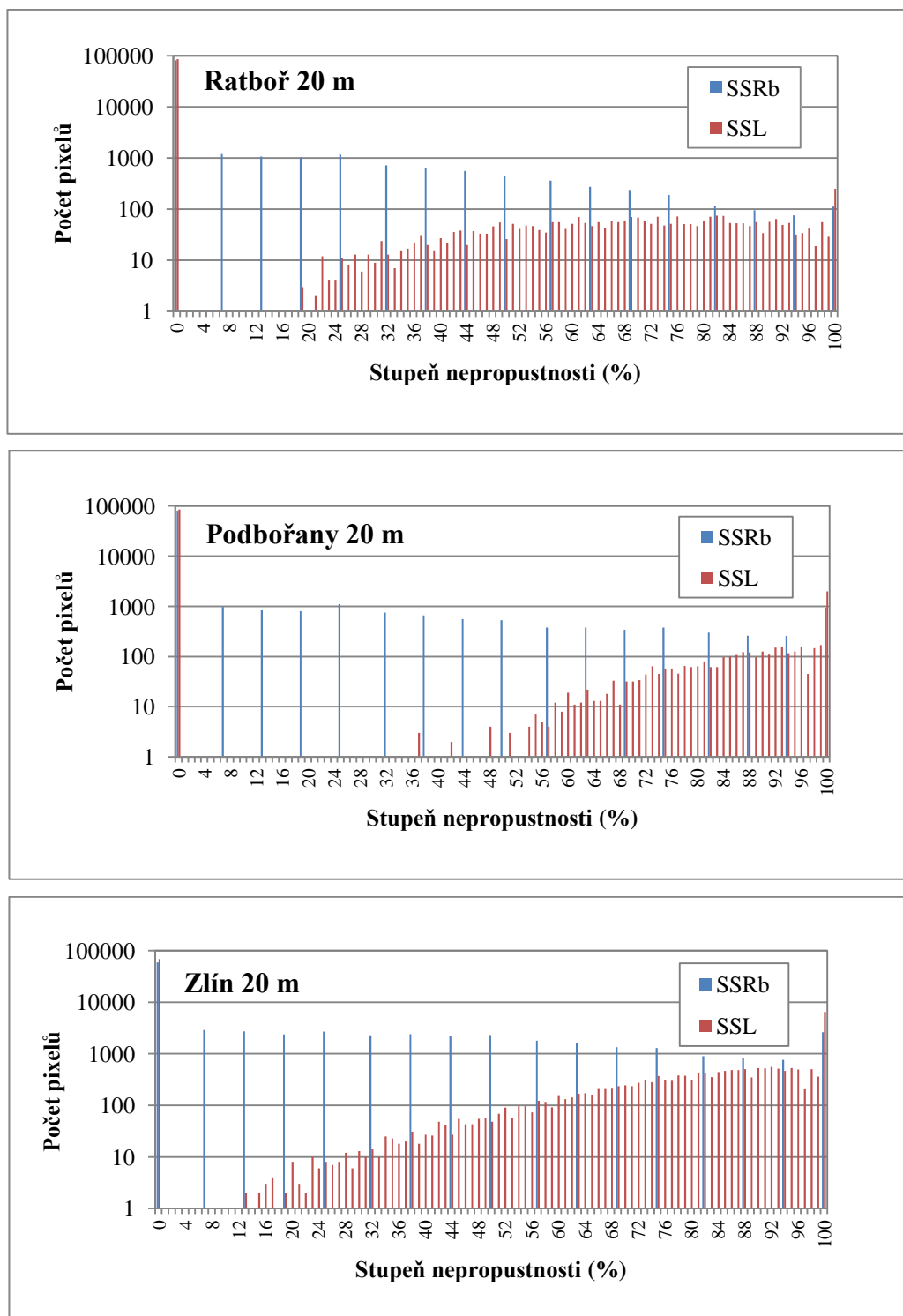
0 3 6 km



SSRa, SSRb

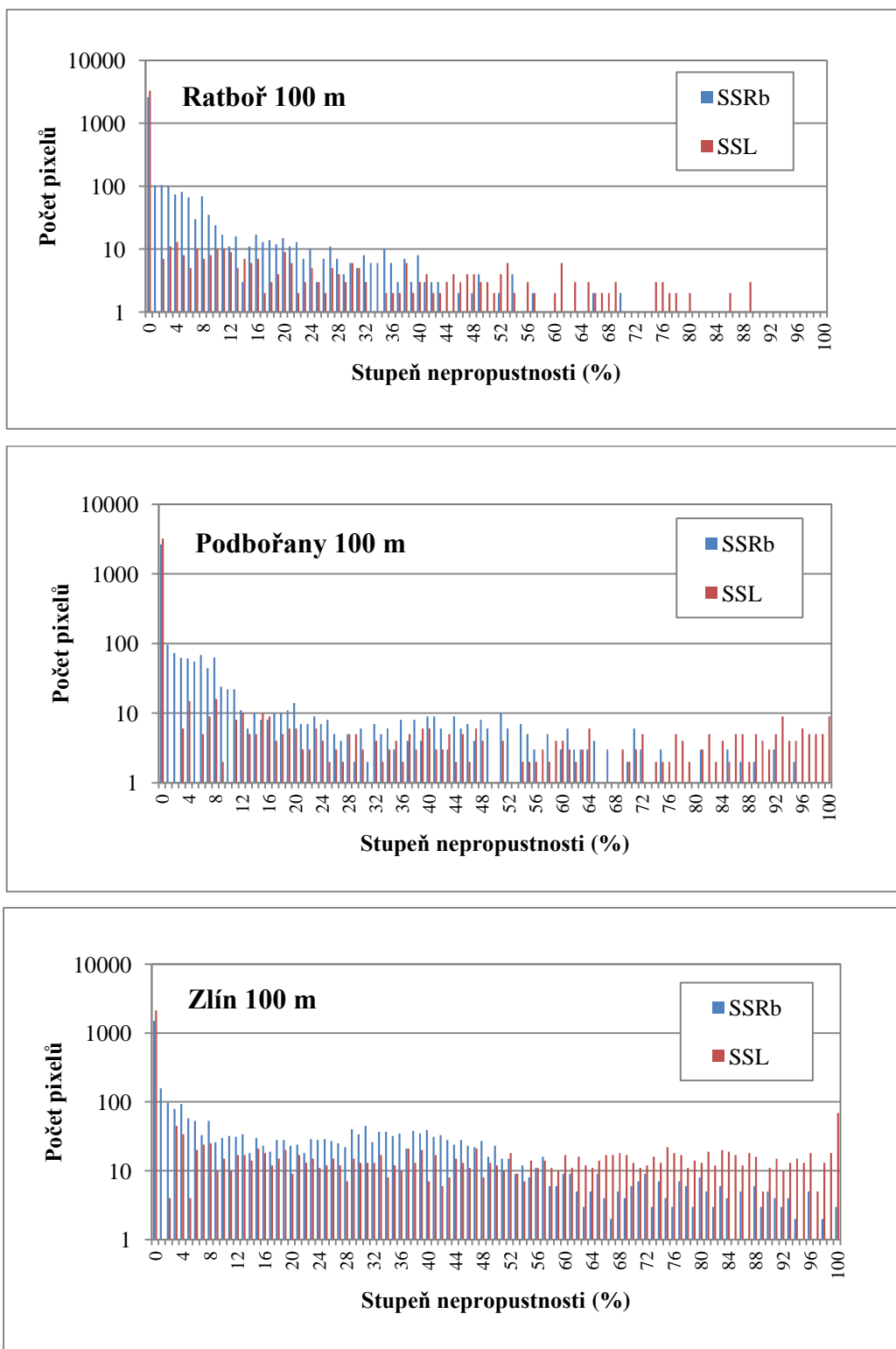
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 7: Rozložení hodnot nepropustnosti v 20m verzi pro Ratboř, Podbořany a Zlín



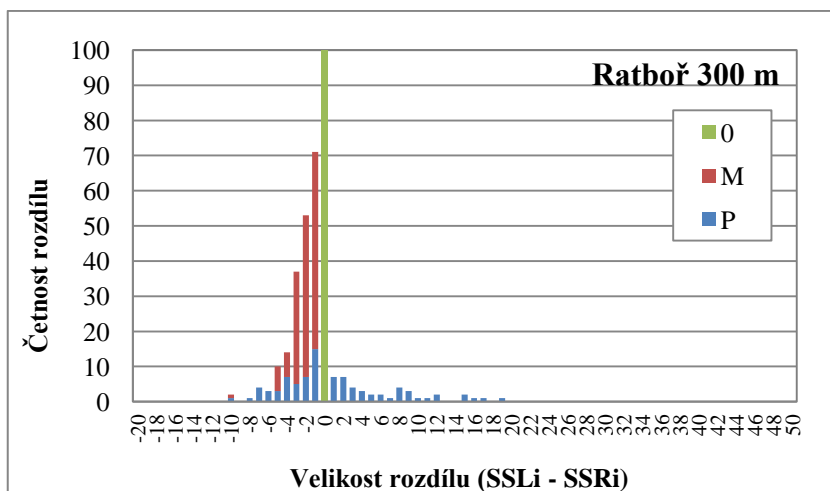
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 8: Rozložení hodnot nepropustnosti v 100m rozlišení pro RA, PO a ZL

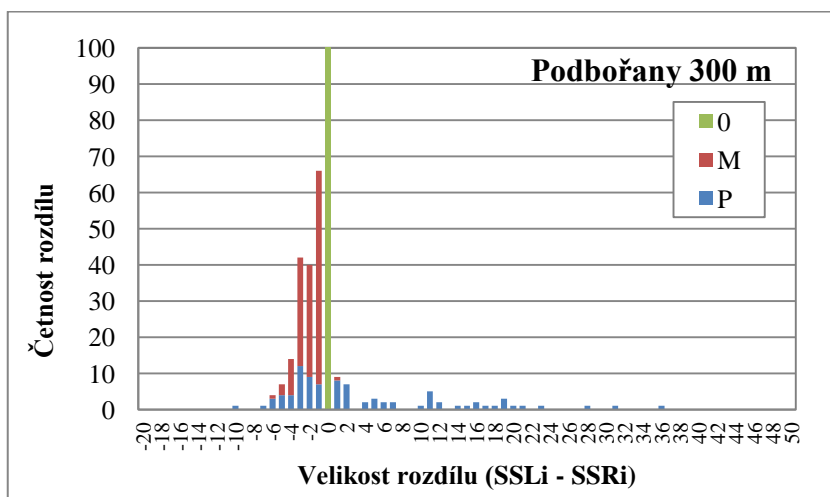


Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

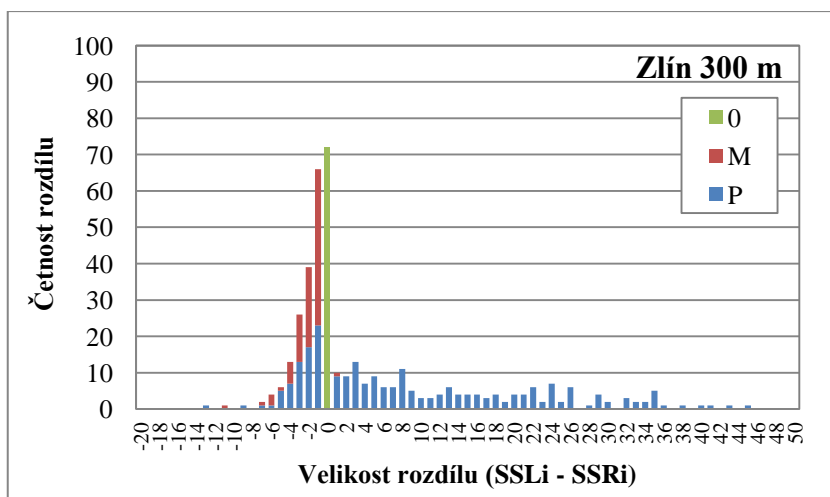
Příloha 9: Četnost chyb na 300m úrovni pro oblast Ratboře, Podbořan a Zlína



Poznámka: hodnoty 0 mají četnost hodnoty 163



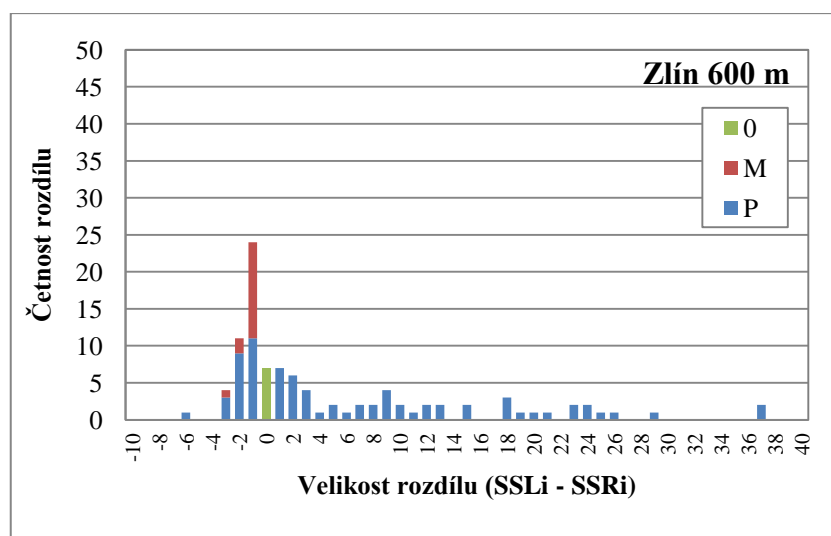
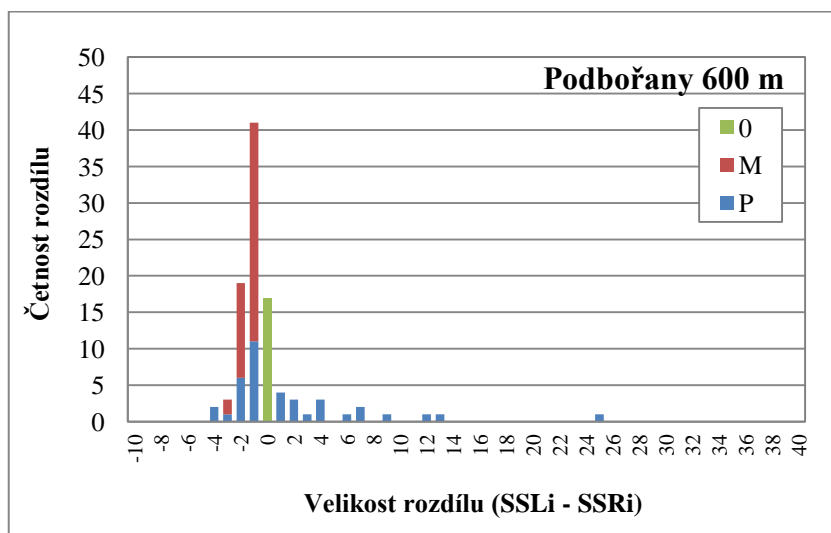
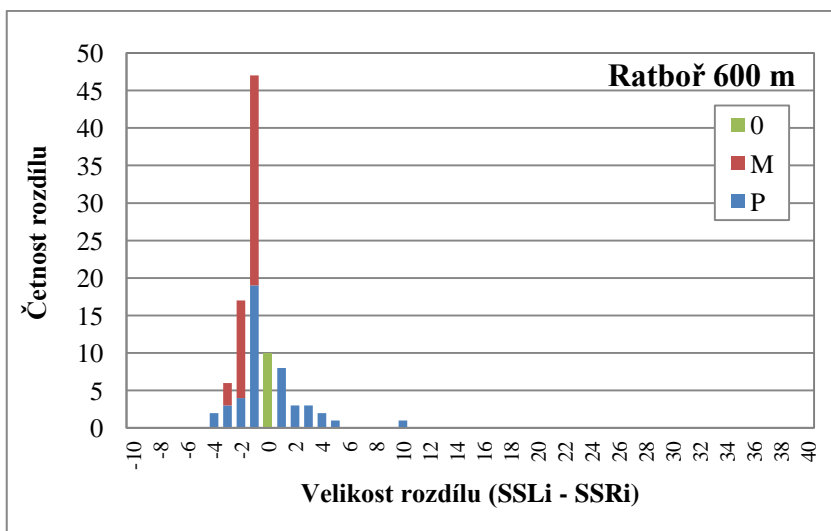
Poznámka: hodnoty 0 mají četnost hodnoty 177



Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Poznámka: 0 – nulový rozdíl, M – závažné chyby, P – částečné chyby

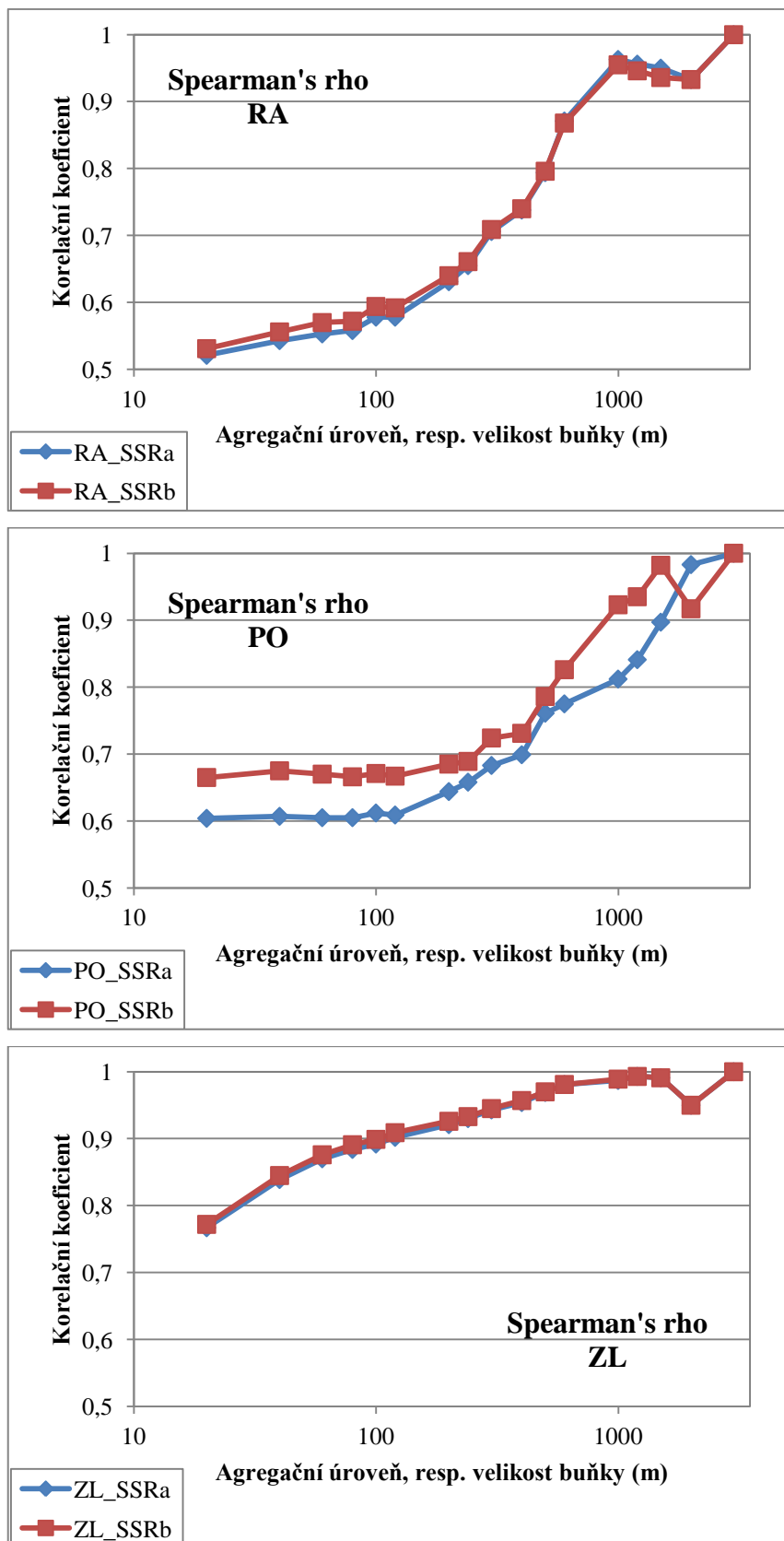
Příloha 10: Četnost chyb na 600m úrovni pro oblast Ratboře, Podbořan a Zlína



Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

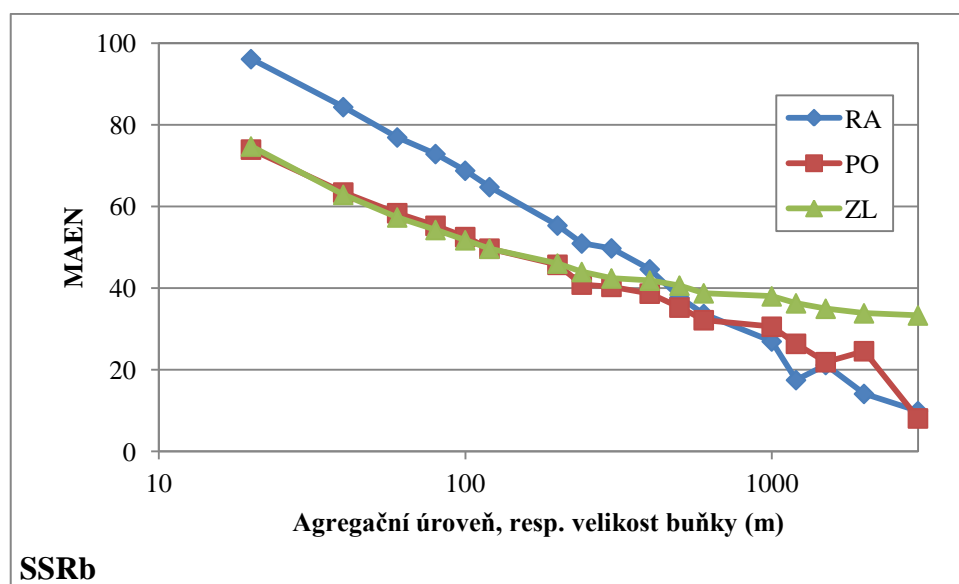
Poznámka: 0 – nulový rozdíl, M – závažné chyby, P – částečné chyby

Příloha 11: Spearmanovy korelační koeficienty pro verze SSRa a SSRb pro území Ratboře, Podbořan a Zlína



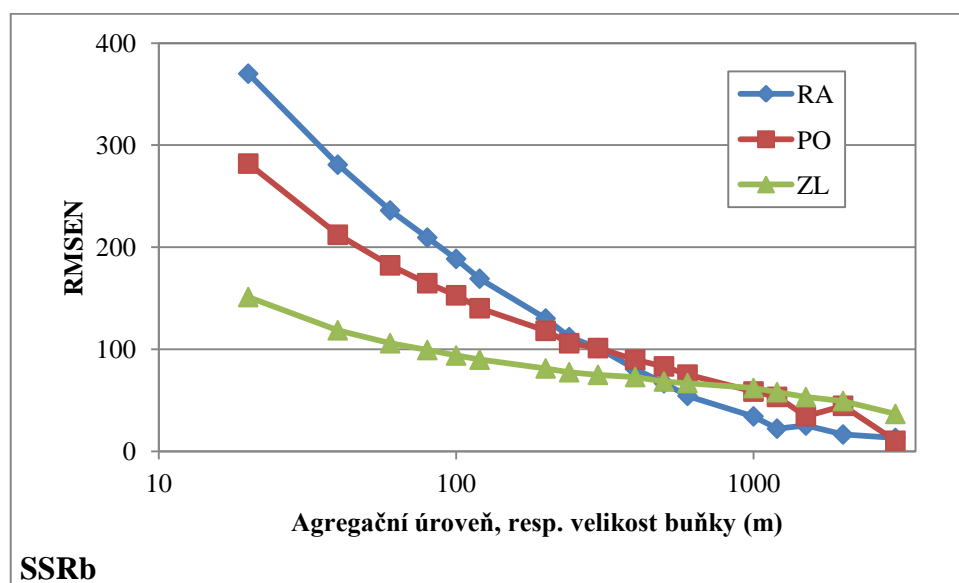
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 12: Vývoj MAEN v závislosti na agregačních úrovních pro SSRb



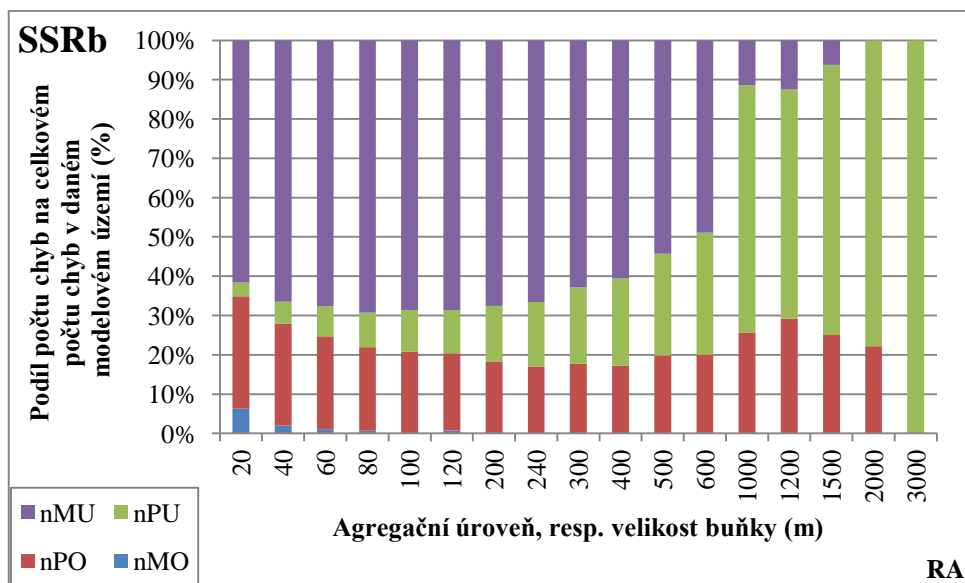
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 13: Vývoj RMSEN v závislosti na agregačních úrovních pro SSRb



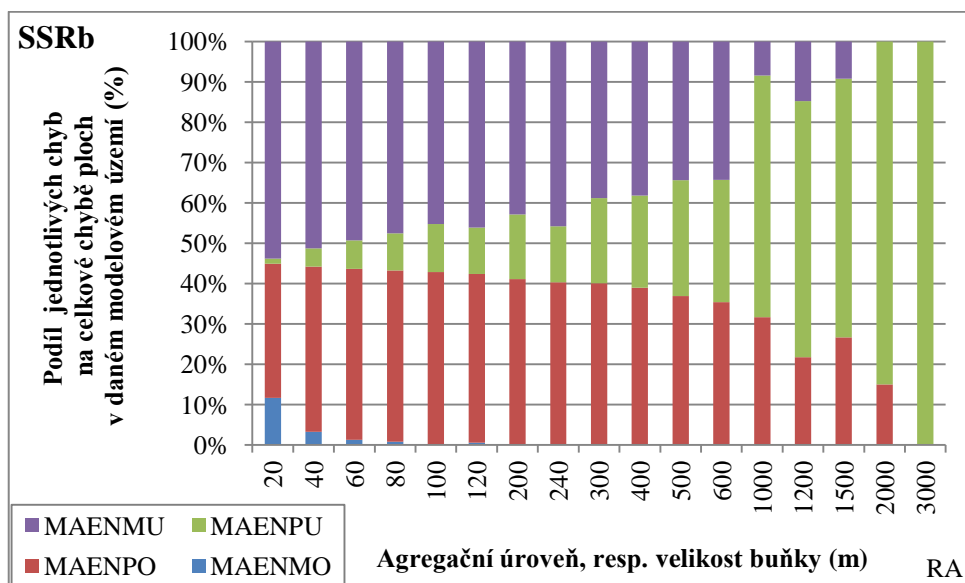
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 14: Podíl počtu jednotlivých chyb na celkovém počtu chyb na území Ratboře (SSRb)



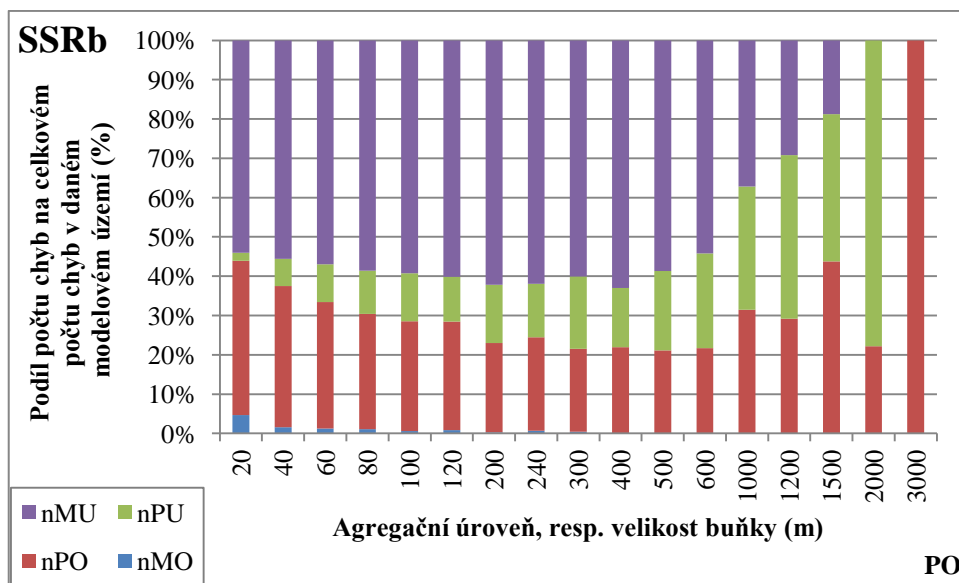
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 15: Podíl jednotlivých chyb na celkové chybě na území Ratboře (SSRb)



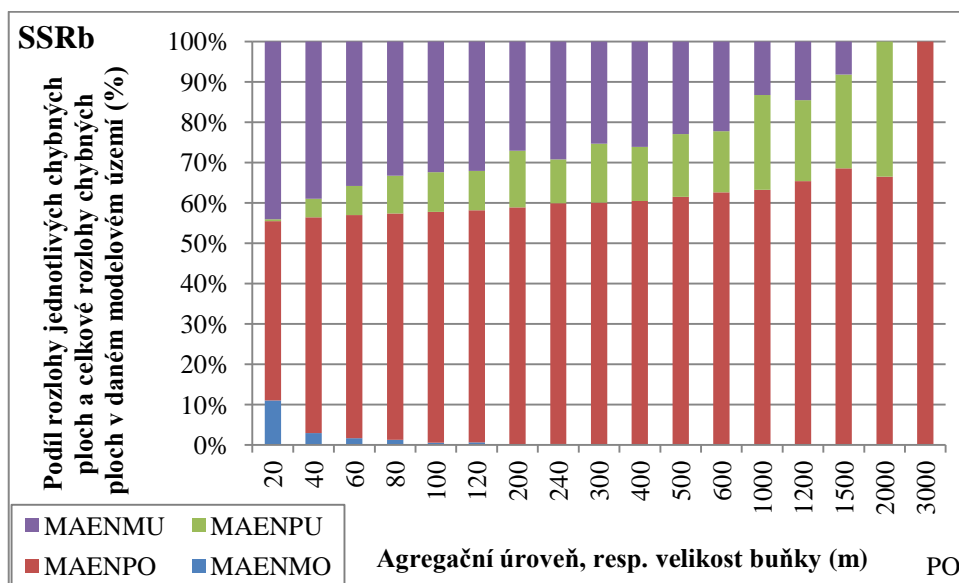
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 16: Podíl počtu jednotlivých chyb na celkovém počtu chyb na území Podbořan (SSRb)



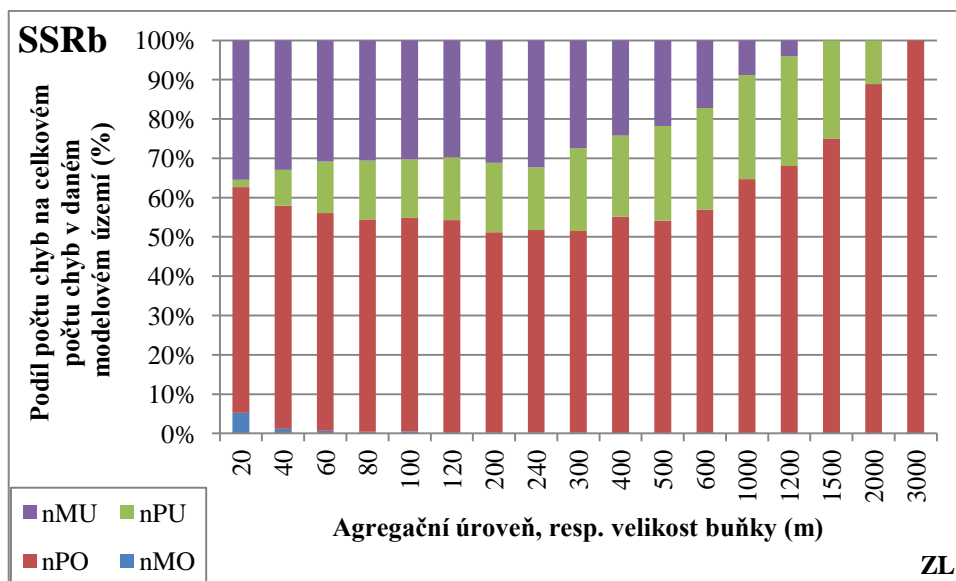
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 17: Podíl jednotlivých chyb na celkové chybě na území Podbořan (SSRb)



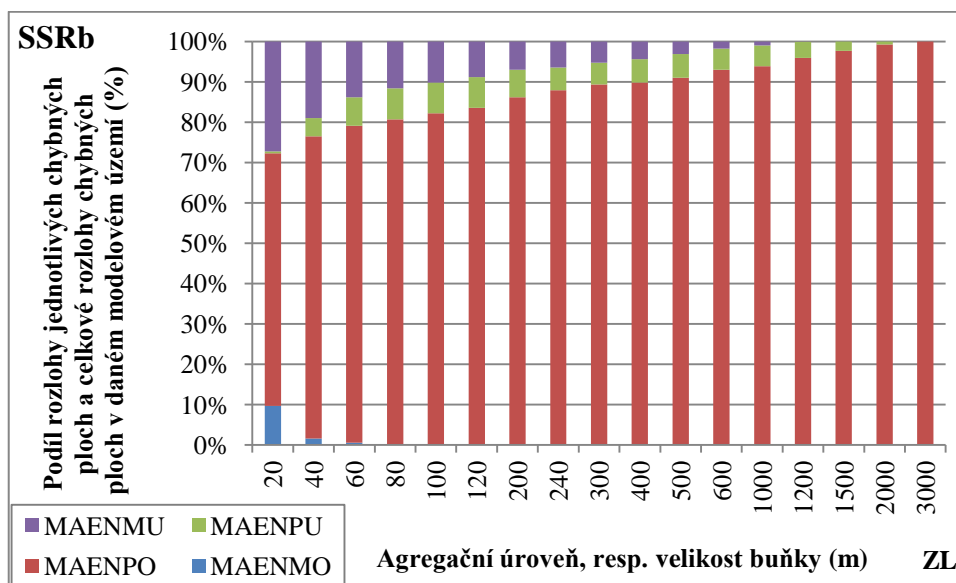
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 18: Podíl počtu jednotlivých chyb na celkovém počtu chyb na území Zlína (SSRb)



Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Příloha 19: Podíl jednotlivých chyb na celkové chybě na území Zlína (SSRb)



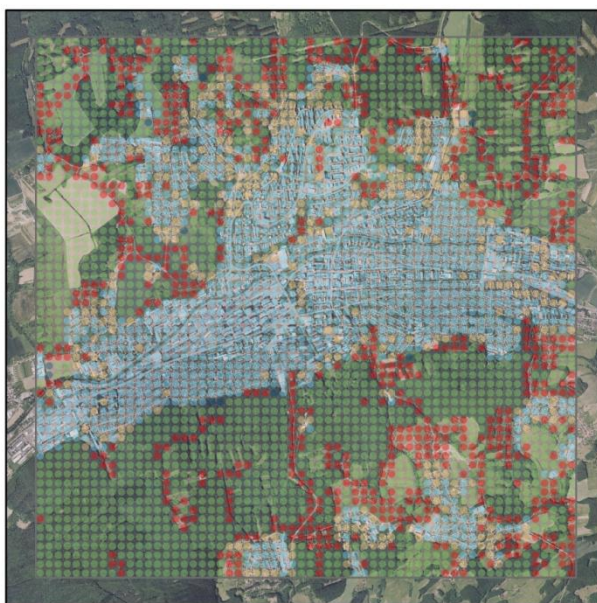
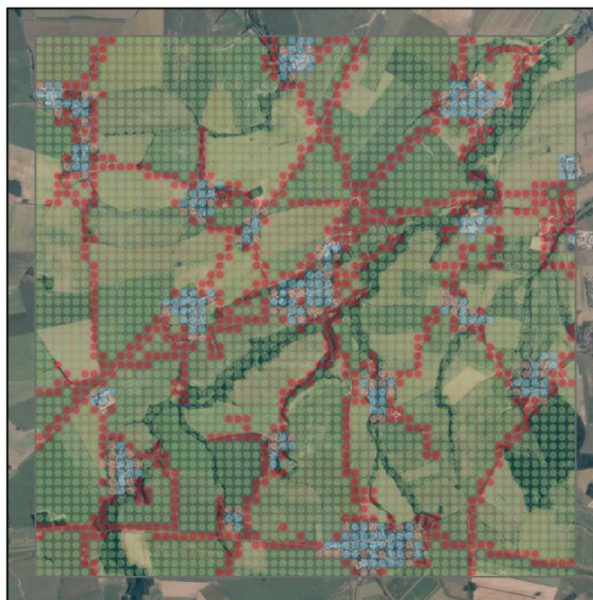
Zdroj: SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

ROZLOŽENÍ TYPŮ CHYB

na území Ratboře a Zlína při rozlišení 100 m

Rozdíl SSL_i a $SSRa_i$:

- shoda v pixelech (AP)
 - závažné nadhodnocení (MO)
 - částečné nadhodnocení (PO)
 - závažné podhodnocení (MU)
 - částečné podhodnocení (PU)
- hranice území



0 1 2 km

S
↑

Zdroje:

- ČÚZK 2014. WMS - Archivní ortofoto: 2009, 2010 [online] [2015-05-20]
- Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_ARCHIV/WMSservice.aspx
- SSL2009_RA_PO_ZL.gdb

Iva HLAVÁČOVÁ
Praha 2015